

**VI STARPTAUTISKĀ ZINĀTNISKI PRAKTISKĀ KONFERENCE
THE 6TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

02.07.2021. - 03.07.2021.

**TRANSPORTS. IZGLĪTĪBA. LOGISTIKA UN
INŽENIERIJA-2021**

**TRANSPORT. EDUCATION. LOGISTICS AND
ENGINEERING-2021**

**ТРАНСПОРТ. ОБРАЗОВАНИЕ. ЛОГИСТИКА И
ИНЖЕНЕРИЯ-2021**

Rīga, 2021

Organizācijas komisijas priekšsēdētājs/ Chairman of the organisation committee/

Председатель организационной комиссии

Dr.sc.com. Vladimirs Reiskarts (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Zinātniskās komisijas priekšsēdētājs/ Chairman of the scientific committee/

Председатель научной комиссии

Dr.sc.ing. Anatolijs Melnis (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Zinātniskā komisija/ Scientific committee/ Научная комиссия

Dr. habil. sc. ing. Vladimir Shestakov (Riga Technical University, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Dr.oec. Konstantīns Savenkovs (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Dr.sc.ing. Pāvels Karoļs (Siemens, Vācija/ Germany/ Германия)

Dr. oec. Anna Stepanova (ASV/ USA/ США)

Dr.sc.ing. Dmitrijs Ulanovs (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Dr.sc.ing. Sofija Negrejeva (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Organizācijas komisija/ Organisation committee/ Организационная комиссия

Asnate Venckava (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Iļona Geža (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Zinātnisko tekstu recenzenti/ Reviewers/ Рецензенты научных работ

Dr..sc.ing. Dmitrijs Ulanovs (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Dr.oec. Konstantīns Savenkovs (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Dr.sc.com. Vladimirs Reiskarts (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Tehniskā redaktore/ Technical editor/ Технический редактор

Iļona Geža (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Jeļena Reiskarte (Rīgas Aeronavigācijas institūts, Latvia/ Latvija/ Латвия)

Rakstu krājumā apkopoti RAI VI Starptautiskās zinātniski praktiskās konferences “**TRANSPORTS. IZGLĪTĪBA. LOĢISTIKA UN INŽENIERIJA – 2021**” materiāli par aktuālām problēmām transportā, loģistikā, inženierzinātnēs un izglītībā.

Zinātnisko rakstu autori pilnībā uzņemas atbildību par rakstu saturu. Citējot atsauce uz izdevumu obligāta.

В сборнике статей размещены материалы итогов VI международной научно практической конференции РИА «**ТРАНСПОРТ. ОБРАЗОВАНИЕ. ЛОГИСТИКА И ИНЖЕНЕРИЯ – 2021**». Публикации посвящены актуальным проблемам транспорта, логистики, инженерии и образования. Авторы научных статей несут полную ответственность за содержание. Цитируя данное издание, ссылка обязательна.

This collection of articles includes final materials from the RAI 5th international scientific and practical conference «**TRANSPORT. EDUCATION. LOGISTICS AND ENGINEERING –2021**». These articles are dedicated to current problems in the sphere of transport, logistics, engineering and education. The authors of the scientific articles are fully responsible for their content. If quoting these articles reference is obligatory.

©Rīgas Aeronavigācijas institūts, 2021

SATURS/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

APPLYING OF ION-PLASMA SPRAYING ON AIRCRAFT STRUCTURES IN ORDER TO IMPROVE THE PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF THE GLIDER SURFACES	5
Jevgēnijs Garbuzs, Ilmārs Blumbergs, Ruslans Garbuzs, Konstantīns Savkovs	
ASSIGNING WARRANTY PERIODS FOR FATIGUE-SENSITIVE COMPONENTS OF AIRCRAFT STRUCTURES	13
Konstantīns Nečvals, Igors Petuhovs	
AUTOROTATION OF FREELY FALLING RECTANGULAR PLATE	27
Vladimirs Vorohobovs, Martins Kleinhofs	
ĀRVALSTU STUDENTU STUDIJU ANALĪZE	36
Anna Tiļļa	
CHOICE IN DECISION MAKING BASED ON SOCIOMETRIC ANALYSIS OF THE GROUP	43
Igors Petuhovs, Konstantīns Nečvals	
DIFFRENT AIRCRAFT COMPOSITE MATERIALS USE IN AIRCRAFT CONSTRUCTIONS, MATERIALS MAINTENANCE AND REPAIR	47
Sintija Zeltiņa, Mārtiņš Kleinhofs, Irena Chatys	
DIGITAL TRANSFORMATION ON AIRLINE'S TOURISM BUSINESS	53
Rui Quadros, Ana Paula Oliveira	
FEATURES OF DEVELOPMENT OF THE MARKET OF AIRLINES - LOWCOSTERS AT THE PRESENT STAGE	61
Konstantīns Savenkovs. Małgorzata Sztorc	
GADĪJUMA LIELUMA MODELĒŠANA AR DAŽĀDIEM SADALĪJUMA LIKUMIEM UN TO PIELIETOŠANA EKSPERIMENTĀLO REZULTĀTU APSTRĀDĒ	70
Druvis Vērzemnieks, Mārtiņš Kleinhofs, Rafal Chatys	
GĀZU TURBĪNAS DARBA LĀPSTIŅAS KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE MODERNAJIEM AVIĀCIJAS DZINĒJIEM	78
Ernests Lejnīeks, Vladimirs Labendīks	
IMPROVING THE SAFETY CULTURE DURING THE RAPID DEVELOPMENT OF AVIATION TECHNOLOGIES	85
Juris Maklakovs, V.Shestakov	
MODERN CHANGES IN LOGISTICS ACTIVITY	91
Irina Davidoviča	
NON-FORMAL TEACHING METHODS IN HIGHER EDUCATION	96
Elza Sīpola	
OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF A TRANSPORT PROCESS USING FREIGHT TRAFFIC STATISTICAL MODELLING METHODS	100
Anna Maslovska, Emma K. Shidlovskaya	
REVIEW AND PERSPECTIVES OF UAS (UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS) USE FOR AQUATIC BIORESOURCES (BLUEBIO) MONITORING AND SUPPLY	107
Vladimirs Reiskarts	

TRANSPORTATION AND STORAGE BUSINESS MANAGEMENT RESULTS IN LATVIA BEFORE AND WHILE THE PANDEMIC IN 2019 -2020 Olga Zvereva	114
RĪGAS BRĪVOSTAS MUITAS KONTROLES PUNKTA 0210 KLIENTU APKALPOŠANAS KVALITĀTI IETEKMĒJOŠIE FAKTORI Ludmila Jefremova	123
THE TRADE COMPLEMENTARITY INDEX, THE CASE OF KAZAKHSTAN AND ITS TRADE PARTNERS Konstantīns Savenkovs, Giyasov Farkhod, Małgorzata Sztorc	128
UNIDIRECTIONAL COMPOZITE COMPONENT DESTRUCTION MODEL Juris Gutans, Rafal Chatys, Druvis Verzemnieks, Martins Kleinhofs	132
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ЭРД) Сергей Кравченко, Николай Кулешов, Наталья Панова, Владимир Шестаков	138
ИЗМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТА НА ПОСАДОЧНОМ РЕЖИМЕ В УСЛОВИЯХ СДВИГА ВЕТРА ПРИ РАЗЛИЧНАХ УПРАВЛЯЮЩАХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ Mareks Slihta, Vladimirs Šestakovs	145
МАТЕМАТИКА И ОПЫТ ДИСТАНЦИОННОГО ПРЕПОДАВАНИЯ Негреева София	150
МЕРОПРИЯТИЯ НАЛОГОВОЙ ПОЛИТИКИ В УСЛОВИЯХ COVID-19 В ЛАТВИИ Татьяна Андреева	156
МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ Дмитрий Уланов	162
МЕТОДОЛОГИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ АВИАЦИОННОГО АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В РИА ДЛЯ ПИЛОТОВ И АВИАДИСПЕТЧЕРОВ Асната Венцкава	166
ПОИСК РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЩЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ Моторин Е.В., Назаров Д.В.	171
УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСОМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПАКЕТА МОТИВАЦИОННОГО ЯДРА КОРПОРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА С УЧЕТОМ ЕГО ПСИХОТИПОВ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПО МОНЕТАРНОМУ РЕСУРСУ Artjoms Pankevičs	178
УСТОЙЧИВОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТЕ Диана Жуковская	208

APPLYING OF ION-PLASMA SPRAYING ON AIRCRAFT STRUCTURES IN ORDER TO IMPROVE THE PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF THE GLIDER SURFACES

Jevgēnijs Garbuzs, Ilmārs Blumbergs, Ruslans Garbuzs, Konstantins Savkovs, Jurijs Feščuks

Riga Technical University, Institute of Aeronautics

jevgenijs.garbuzs@rtu.lv, ilmars.blumbergs@rtu.lv, ruslans.garbuzs@rtu.lv,

konstantinssovkovs@rtu.lv, mdt_ae@inbox.lv

Abstract

Vacuum ion-plasma sputtering is the final stage in the construction of a component. With it's help a coating out of metal, alloy or a chemical compound is formed, which helps to protect the surface of a component and the component itself from hostile environments.

One example, where this type of coating is used, are blades of gas turbines, elements of the combustion chamber, and adjustable nozzles of turboshaft. For example: in modern turboshaft the temperature of gas before the turbine goes up to 1700C⁰. Achieving such temperatures was made possible, thanks to manufacturing the components of a turboshaft out of heat-resistant materials and cooling of it's elements. An engine's operational reliability and economy depend on adequate functioning of the combustion chamber.

Use of ion-plasma sputtering, together with application of nickel, chrome, aluminum, yttrium and other allowed for longer lifetimes of a turboshaft.

But is there a way to use this method for opposite purposes?

For example, to fight icing of the surface of an aircraft?

This is the goal, which researchers in a project, called “Multifunctional Nanostructured Coatings for Aircraft Structures (NANOCOAIRES)” set for themselves.

Introduction

Icing of surfaces of aircraft structures causes deterioration of aerodynamic properties and may become a reason of flight accident or even catastrophe. To prevent and eliminate icing many methods are used, for example spraying the surface of aircraft structures with various liquids and application of anti-icing systems. There are different types of anti-icing systems like mechanical, chemical and thermal (air-thermal and electrothermal).

The most common are electrical thermal anti-icing systems.

The possibility of using the coating as an element of the anti-icing system was tested in this research. Aircraft parts are coated with various methods. One of these methods is vacuum ion-plasma coating.

Vacuum ion-plasma spraying is the final stage of part manufacturing. Using this method, the product can be coated with a metal, alloy or chemical compound that helps to protect the surface of the part and the part itself from the effects of corrosive environments [1,2].

Vacuum ion-plasma spraying is the final stage of part manufacturing. Using this method, the product can be coated with a metal, alloy or chemical compound that helps to protect the surface of the part and the part itself from the effects of corrosive environments. One of the examples of the use of this type of coating are gas turbine blades, elements of the combustion chamber, parts of the adjustable exhaust section that are used in aircraft gas turbine engines [3-6]. In modern gas turbine engines, the air temperature in front of the turbine is up to 1700⁰C. Such a high temperatures became possible due to solving two problems- manufacture of gas turbine engine parts from heat-resistant materials and

additional cooling of its elements. The operational reliability and economy of the engine depends on the normal operation of the combustion chamber. Applying of ion-plasma coating, with using materials like nickel, chromium, aluminum, titanium, zirconium, etc., made it possible to increase the service life of gas turbine engine.

Applying of ion-plasma coating, with using materials like nickel, chromium, aluminum, titanium, zirconium, yttrium etc., made it possible to increase the service life of gas turbine engine.

Objectives of the Multifunctional Nanostructured Coatings for Aircraft Structures (NANOCOAIRES) project are: development of technology for obtaining nanostructured multicomponent anti-icing coatings; managing an experimental research of the qualitative characteristics of the created coatings; research of anti-icing properties of the coating on samples of aircraft structures.

The anti-icing resistance of multilayer coatings to various substances (mainly water drops) was researched. Coatings cannot be researched by themselves separately. For example, in case of erosion, abrasive wear is the main reason of destruction, especially if the thickness of the coating is small (microns). It is necessary to take into account the coating-base system as a whole, together with the hardness and flexibility. It is also necessary to take into account properties such as plasticity and impact resistance, electrical conductivity.

This article describes the initial stage of research where the main objective is: development of nanostructured multicomponent coatings based on the Al - Ti system; the comprehensive analysis of the resulting coatings properties.

The data obtained will be processed in the next stage of experiments when creating multilayer coatings. To obtain the required properties, the outer layer must have maximum wear resistance, low wettability. The middle layer must be electrically conductive enough to be used as a heat-emitting element. The bottom layer must provide the best adhesion to the base material.

Materials and Methods

The coatings were sprayed onto a composite material — carbon fiber (carbon fibers based on epoxy resin).

Coating thickness 2 - 3 microns.

Sample dimensions: 60 x 15 x 4 mm.

The coating was applied using a UV - 80 vacuum ion - plasma device.

The laboratory vacuum equipment (Fig. 1) is designed to apply metals, oxides, and other vacuum-coated magnetrons. The device is equipped with the following components:

chamber pumping system,

gas supply system,

base rewinding system,

coating devices.

According to the state diagram of the aluminum - titanium system four values of the ratio of Al to Ti by weight were determined (Table 1).

With a given ratio of titanium and aluminum, 3 types of coatings were applied:

Intermetallic – titanium and aluminum compounds of the type Ti_xAl_y ,

Conglomerates are a composite coating in which solid solutions of metals, intermetallic compounds are used as a matrix.

Titanium and aluminum nitrides are used as the second phase.

Nitride – nitride-based coating type Ti_xN_y , Al_xN_y .

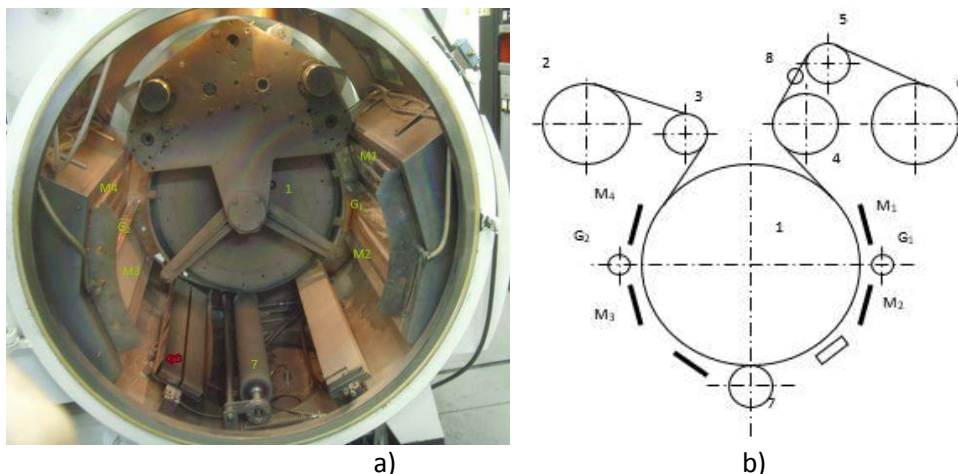


Figure 1. UV-80 scheme of laboratory vacuum equipment: a) photo; b) scheme; 1 – process roller; 2-6 – guide roller system; 7 – pressure roller; 8 – light transmittance measuring device; G₁, G₂ – gas distributors; M₁-M₄ – magnetron pair

Table 1

Al - Ti ratio by weight in percent

	I.	II.	III.
	Intermetallic	Conglomerates	Nitride
1.	16% Al → 84% Ti	16% Al → 84% Ti	16% Al → 84% Ti
2.	31,5% Al → 68,5% Ti	31,5% Al → 68,5% Ti	31,5% Al → 68,5% Ti
3.	43% Al → 57% Ti	43% Al → 57% Ti	43% Al → 57% Ti
4.	62% Al → 38% Ti	62% Al → 38% Ti	62% Al → 38% Ti
	Atmosphere: argon	Atmosphere: argon+N	Atmosphere: argon+N

Comprehensive analysis of the properties of the obtained coatings

A comprehensive analysis of the properties of the obtained coatings was carried out (Fig. 2) and the research of the chemical composition of the created coating, mechanical and electrophysical properties of the coating was made.



Figure 2. An example of the created coating based on Al – Ti

Chemical analysis of the coating (Fig. 3) obtained were performed and analysed with HITACHI S-3000N Scanning Electron Microscope and BRUKER Quantax microanalyzer at 15 kV and 16 kV with wavelength 0.16 nm.

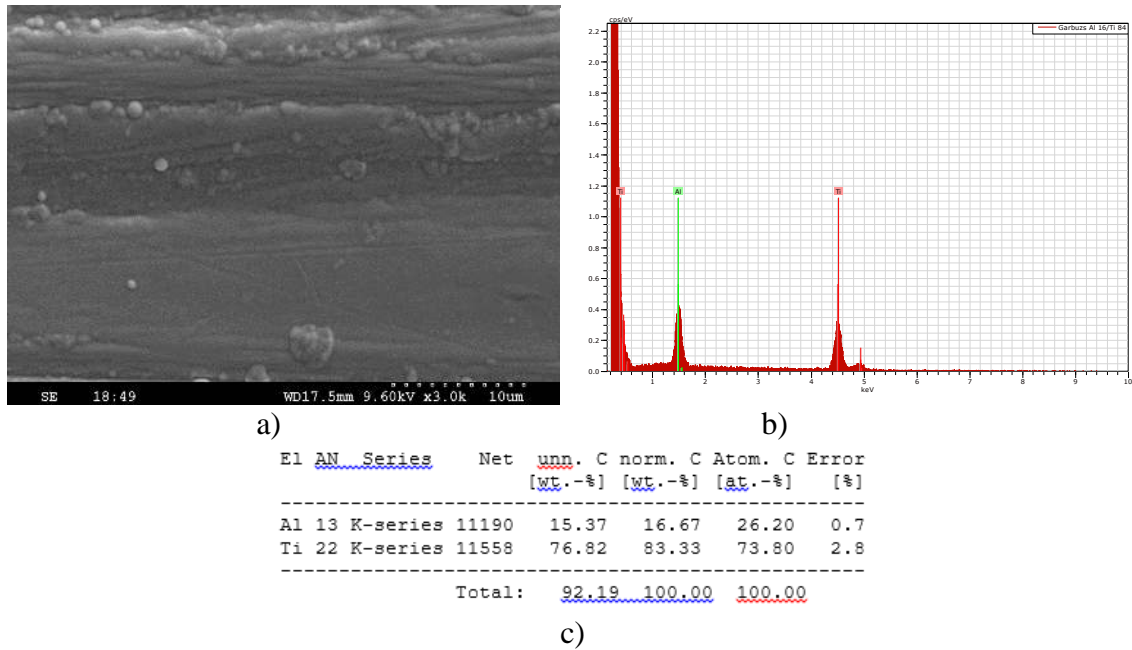


Figure 3. An example of displaying the results of chemical analysis using an electron microscope HITACHI S - 3000N: a) surface view with 3000 magnification; b) graphical representation of the chemical composition of the surface of the created metal layer; c) display of the relative value of the required metals by mass and atoms

To check the mechanical properties of the coatings, the microhardness of the created layer was measured using a PMT-3M1 device. Adhesion measurements were carried out using an Anton Paar Revetest Xpress RSX device.

Microhardness is measured to determine the hardness of the created coating. The harder the surface layer, the more wear-resistant it is.

Adhesion is measured to determine the adhesion of coating and substrate surfaces.

An example of a graphical display of adhesion measurements is shown in Fig. 4.

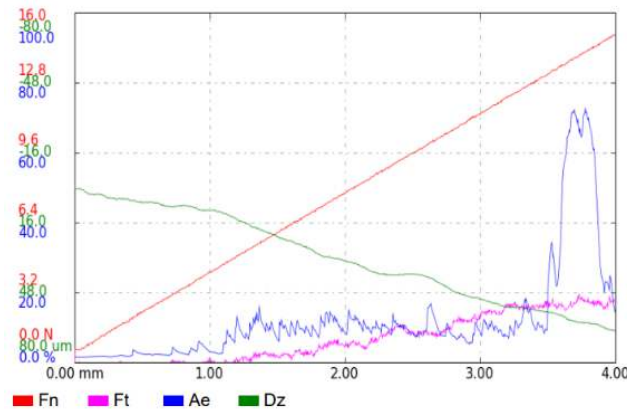


Figure 4. Graphical display of the measured adhesion parameters: F_n - vertical load; F_t - tangential load-friction force; A_e - acoustic emission; D_z - indentation, depth

Using the Anton Paar Revetest Xpress RSX device, photographs of the degree of destruction of the created layer were taken (Fig. 5). The process of destruction of the coating during adhesion can be divided into 5 stages:

The appearance of a visible scratch;

The beginning of the separation of the coating from the base;

The beginning of the destruction of the coating;

The process of destruction of the coating;
 Complete destruction of the coating.

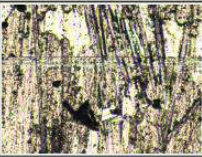
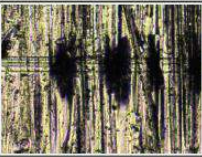
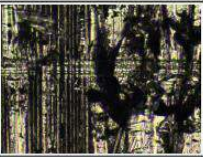
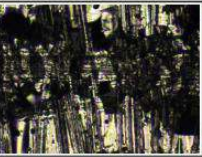

	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
Pictures					
Values	0.54 N (0.02 mm)	2.11 N (0.46 mm)	4.67 N (1.15 mm)	6.27 N (1.59 mm)	9.82 N (2.58 mm)

Figure 5. **Stage of destruction of the coating:** 1. Scratch ($F_t = 0.54\text{ N}$; $D_z = 0.02\text{ mm}$); 2. The beginning of the separation of the coating from the base ($F_t = 2.11\text{ N}$; $D_z = 0.46\text{ mm}$); 3. The beginning of the destruction of the coating ($F_t = 4.67\text{ N}$; $D_z = 1.15\text{ mm}$); 4. The process of destruction of the coating ($F_t = 6.27\text{ N}$; $D_z = 1.59\text{ mm}$); 5. Complete destruction of the coating ($F_t = 9.82\text{ N}$; $D_z = 9.82\text{ mm}$)

The initial moment of destruction is recorded by analyzing the acoustic emission graph, which characterizes the beginning of a certain stage with a fast increase in the graph line.

Electrical conductivity

The higher the resistance, the higher the unit of heat generated by the length between the supply electrodes. It is possible to use this coating in the elements of the anti-icing system. Resistance was measured using a PeakTech 3320 multimeter.

Results

Chemical composition

The created coatings were divided into three main groups (intermetallic, conglomerates, nitrides) and 4 subgroups in relation to the mass of Al - Ti. After spraying, a chemical analysis of the created layer was carried out. According to its results, it was found that the first group of samples was made with close specified parameters of the Al - Ti ratio by weight. In the other two groups, the desired result was not so closely achieved, but this is not a drawback, because in further tests this experience will also be taken into account and taken into account when adjusting the set parameters for the vacuum ion - plasma installation. The results of the obtained chemical composition of the created coating can be seen in Fig. 6.

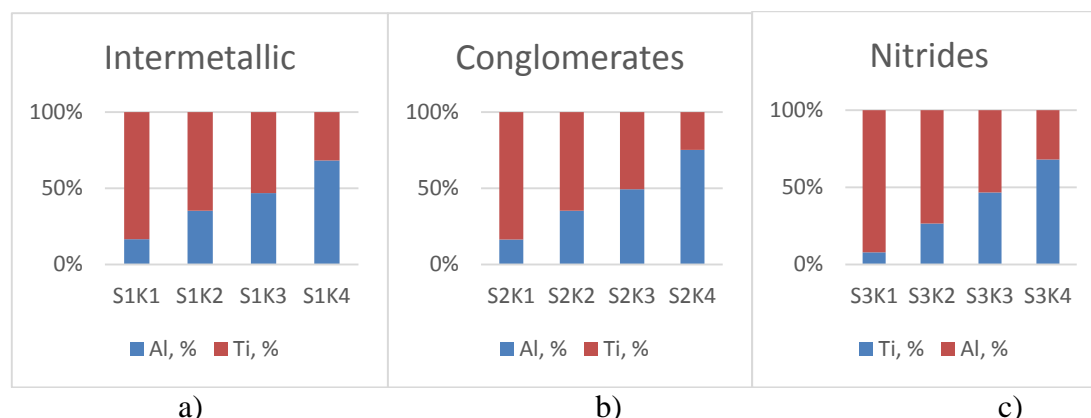


Figure 6. **Results of the chemical composition of the created coating:** a) intermetallic; b) conglomerates; c) nitrides

Microhardness

The results of measurements of the microhardness of the samples with the created coating are shown in the graph for a more visual analysis of the results (Fig. 7).

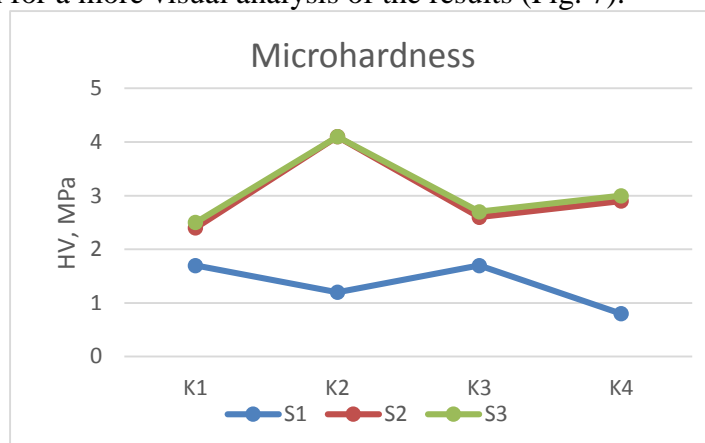


Figure 7. Results of microhardness of the created coating: S1, S2, S3 - series of samples; K1, K2, K3, K4 - number of sample groups

Adhesion

The results of measurements of adhesion of samples with the created coating are shown in the graphs for a more visual analysis of the results.

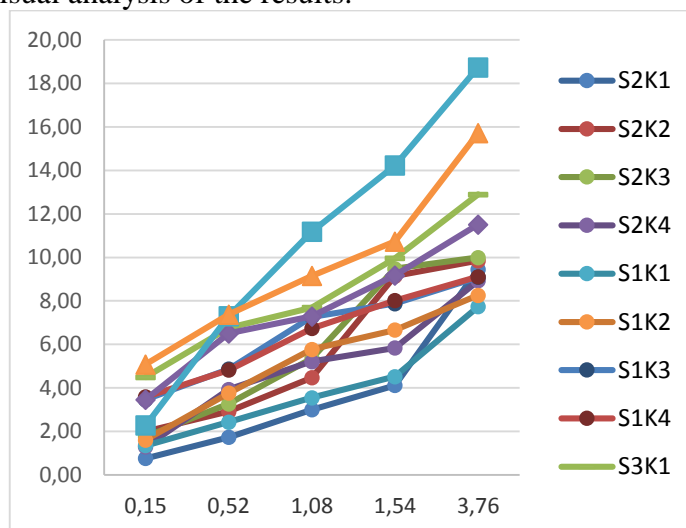


Fig. 9. Results of adhesion of the created coating: S1, S2, S3 - series of samples; K1, K2, K3, K4 - number of sample groups

Electrical conductivity

The results of measurements of the electrical conductivity of the first, second and third groups of samples with the created coating are shown in the Figure 8.

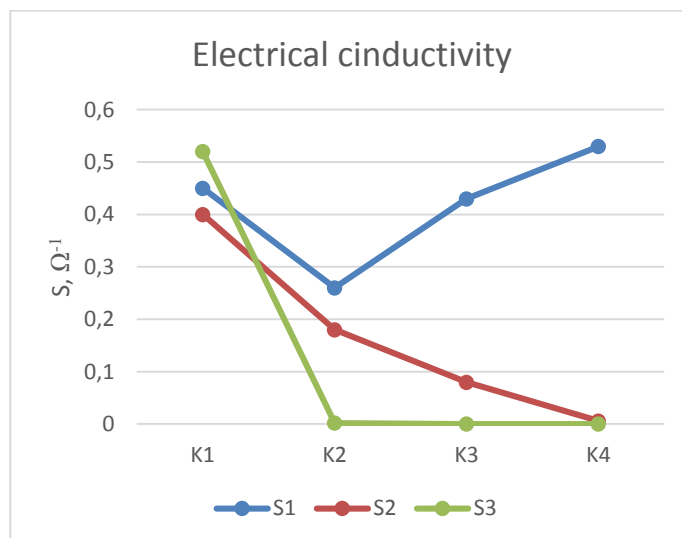


Figure 8. Results of electrical conductivity of the created coating: S1, S2, S3 - series of samples; K1, K2, K3, K4 - number of sample groups

Conclusions

Were developed nanostructured multicomponent coatings, based on the Al - Ti system.

A comprehensive analysis of the properties of the obtained coatings was carried out and it was found out that:

the necessary settings for the settings of the vacuum ion - plasma installation for applying the specified parameters of the ratio by mass Al - Ti when creating new coatings;

the hardest coating have samples S2K2 and S3K2;

better adhesion of the created coating to the base is in S3K3 samples;

coating electrical conductivity is higher in the S1K4 samples.

The data found above will be taken into account in the next stage of experiments when creating multilayer coatings. Next, it will be necessary to find the best solution in which sequence the layers with the required Al - Ti ratio will be sprayed, for the best operational characteristics of the created protective layer during the operation of the airframe of the aircraft.

Acknowledgement

This work has been supported by the European Regional Development Fund within the Activity 1.1.1.2 “Post-doctoral Research Aid” of the Specific Aid Objective 1.1.1 “To increase the research and innovative capacity of scientific institutions of Latvia and the ability to attract external financing, investing in human resources and infrastructure” of the Operational Programme “Growth and Employment” (No. 1.1.1.2/VIAA/1/16/176 “Multifunctional Nanostructured Coatings for Aircraft Structures (NANOCOAIRS)”)



INVESTING IN YOUR FUTURE

References

1. Банных О. А., Будберг П.Б., Алисова С. П. (1986) *Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа*, Металлургия, Москва, с. 440.
2. Лякишева Н.П. (2000) *Диаграммы состояния двойных металлических систем*, Машиностроение, Москва, с. 992.
3. Базылева О.А., Аргинбаева Э.Г., Туренко Е.Ю. (2013) Высокотемпературные интерметаллидные сплавы для деталей ГТД, *Авиационные материалы и технологии*, №3, с. 26-31.
4. Каблов Е.Н., (2012) Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2023г., *Авиационные материалы и технологии.*, №5, с. 7 - 17.
5. Оспенникова О.Г. (2012) Стратегия развития жаропрочных и теплозащитных покрытий, *Авиационные материалы и технологии*, №5, с. 19 - 36.
6. Скибин В.А. (2000) *Научный вклад в создание авиационных двигателей*, Машиностроение, Москва, Т.2, 750 стр.

ASSIGNING WARRANTY PERIODS FOR FATIGUE-SENSITIVE COMPONENTS OF AIRCRAFT STRUCTURES

Konstantin Nechval¹, Igors Petuhovs²

¹ Transport and Telecommunication Institute

² Riga Aeronautical Institute

konstan@tsi.lv, ipetuhovs@rai.lv

Abstract

In this paper, we consider the problem of estimating the minimum lifetime of fatigue-crack initiation (or warranty period) for a number of aircraft structure components, before which no cracks (that may be detected) in materials occur, based on the results of previous warranty period tests on the structure components in question. This problem is a special case of a general class of problems concerned with the analysis of the fatigue crack damage accumulation in aircraft service. A Weibull model with unknown parameters is assumed for fatigue-crack initiation lifetime. A value is specified for the probability that no fatigue-cracks, in a set of components of the same kind that are to be put into future use, will occur before the expiration of the warranty period. The warranty period, which must satisfy an assurance criterion at the prescribed probability level regardless of the true parameter values within the distribution, is to be calculated from a small preliminary sample of fatigue-crack initiation lifetimes. An expression for the warranty period is derived as a function of the ordered observations and is determined only by a set of future observations, the sample size of past observations and the prescribed assurance level (fatigue reliability). The technique proposed here for solving the above problem emphasizes the predictive density relevant for assigning warranty period as well as for planning in-service inspections for initial crack detection after warranty period, if a crack in the components has not yet occurred. It represents a method for constructing lower prediction limit for a future Weibull observation (the smallest ordered observation among a set of future observations) based on a sample of past observations.

Keywords: aircraft; fatigue crack; Weibull model; prediction limit; warranty period; inspection strategy.

Introduction

Prediction of an unobserved random variable is a fundamental problem in statistics. In the areas of reliability and lifetesting, this problem translates to obtaining prediction intervals for life distributions such as the Exponential and the Weibull. For the Weibull case, several authors have addressed this issue as well the more complicated problem of deriving prediction limits for order statistics from a future sample. These include Mann and Saunders [1].

One of the earlier works on prediction for the Weibull distribution is by Mann and Saunders [1]. They considered prediction intervals for the smallest of a set of future observations, based on a small (two or three) preliminary sample of past observations. An expression for the warranty period (time before the failure of the first ordered observation from a set of future observations or a lot) was derived as a function of the ordered past observations.

Mann [2] extended the results for lot sizes $n = 10$ (5) 25 and sample sizes $m = 2$ (1) $n-3$ for a specified assurance level of 0.95. This method requires numerical integration. In

addition, the tables provided are limited to sample sizes less than 25 and are given only for the assurance level of 0.95.

Antle and Rademaker [3] provided a method of obtaining a prediction bound for the largest observation from a future sample of the Type I extreme value distribution, based on the maximum likelihood estimates of the parameters. They used Monte Carlo simulations to obtain the prediction intervals. Using the well-known relationship between the Weibull distribution and the Type I extreme value distribution one can use their method to construct an upper prediction limit for the largest among a set of future Weibull observations. However this method is valid only for complete samples and limited to constructing an upper prediction limit for the largest among a set of future observations.

The distribution theory for estimators of unknown parameters in Weibull models is complicate and cannot be described in explicit forms. Nevertheless, using a conditional method, many problems become analytically manageable. The conditional method used in this paper is the one conditioned on ancillary statistics, which was first suggested by Fisher [5] and promoted further by a number of others (Cox [6], Buehler [7]). Lawless [4] applied this conditional method to different problems relating to the Weibull and extreme value distributions. In the conditional method, quantiles for constructing prediction intervals depend on ancillary statistics of observed data. This procedure, where the results are based on the conditional distribution of the maximum likelihood estimates given a set of ancillary statistics, is exact, but it requires numerical integration, for each new sample obtained, to determine the prediction limits.

We consider in this paper the problem of estimating the minimum time to crack initiation (warranty period or time to a first inspection) for a number of aircraft structure components, before which no cracks (that may be detected) in materials occur, based on the results of previous warranty period tests on the structure components in question. If in a fleet of k aircraft there are km of the same individual structure components, operating independently, the length of time until the first crack initially formed in any of these components is of basic interest, and provides a measure of assurance concerning the operation of the components in question. This leads to the consideration of the following problem. Suppose we have observations X_1, \dots, X_n as the results of tests conducted on the components; suppose also that there are km components of the same kind to be put into future use, with times to crack initiation Y_1, \dots, Y_{km} . Then we want to be able to estimate, on the basis of X_1, \dots, X_n , the shortest time to crack initiation $Y_{(1,km)}$ among the times to crack initiation Y_1, \dots, Y_{km} . In other words, it is desirable to construct lower simultaneous prediction limit, $H_{(\gamma)}$, that is exceeded with probability γ by observations or functions of observations of all k future samples, each consisting of m units. In this paper, the problem of estimating $Y_{(1,km)}$, the smallest of all k future samples of m observations from the underlying distribution, based on an observed sample of n observations from the same distribution, is considered. A solution is proposed for constructing a lower simultaneous prediction limit, $H_{(\gamma)}$, for $Y_{(1,km)}$. Various properties of these solutions are derived, and illustrations are given for some important special cases. The results have direct application in reliability theory, where the time until the first failure in a group of m items in service provides a measure of assurance regarding the operation of the items.

Data and methods

Equation for constructing simultaneous prediction limit

An equation, which shows how to construct lower simultaneous one-sided prediction limit for the order statistics in all of future samples when one-sided prediction limit for a single future sample is available, is given by the following theorem.

Theorem 1 (Lower simultaneous one-sided prediction limit). Let (X_1, \dots, X_n) be a random sample from the cdf $F(\cdot)$, and let $(Y_{1_j}, \dots, Y_{m_j})$ be the j th random sample of m_j “future” observations from the same cdf, $j \in \{1, \dots, k\}$. Assume that $(k+1)$ samples are independent. Let $H=H(X_1, \dots, X_n)$ be any statistic based on the preliminary sample and let $Y_{(r_j, m_j)}$ denote the r_j th order statistic in the j th sample of size m_j . Then

$$\Pr\left(Y_{(r_1, m_1)} \geq H, \dots, Y_{(r_j, m_j)} \geq H, \dots, Y_{(r_k, m_k)} \geq H\right) = \sum_{i_1=0}^{r_1-1} \dots \sum_{i_j=0}^{r_j-1} \dots \sum_{i_k=0}^{r_k-1} \binom{m_1}{i_1} \dots \binom{m_j}{i_j} \dots \binom{m_k}{i_k} \frac{\Pr(Y_{(i_\Sigma+1, m_\Sigma)} \geq H) - \Pr(Y_{(i_\Sigma, m_\Sigma)} \geq H)}{\binom{m_\Sigma}{i_\Sigma}}, \quad (1)$$

Where

$$i_\Sigma = \sum_{j=1}^k i_j, \quad m_\Sigma = \sum_{j=1}^k m_j. \quad (2)$$

Proof.

$$\begin{aligned} \Pr(Y_{(r_1, m_1)} \geq H, \dots, Y_{(r_j, m_j)} \geq H, \dots, Y_{(r_k, m_k)} \geq H) &= \prod_{j=1}^k \Pr(Y_{(r_j, m_j)} \geq H) \\ &= \mathbb{E} \left\{ \prod_{j=1}^k \sum_{i_j=0}^{r_j-1} \binom{m_j}{i_j} [F(H)]^{i_j} [1-F(H)]^{m_j-i_j} \right\} = \sum_{i_1=0}^{r_1-1} \dots \sum_{i_j=0}^{r_j-1} \dots \sum_{i_k=0}^{r_k-1} \binom{m_1}{i_1} \dots \binom{m_j}{i_j} \dots \binom{m_k}{i_k} \mathbb{E} \left\{ [F(H)]^{i_\Sigma} [1-F(H)]^{m_\Sigma-i_\Sigma} \right\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Since

$$\begin{aligned} &\mathbb{E} \left\{ [F(H)]^{i_\Sigma} [1-F(H)]^{m_\Sigma-i_\Sigma} \right\} \\ &= \binom{m_\Sigma}{i_\Sigma}^{-1} \left[\mathbb{E} \left\{ \sum_{i=0}^{i_\Sigma} \binom{m_\Sigma}{i} [F(H)]^i [1-F(H)]^{m_\Sigma-i} - \sum_{i=0}^{i_\Sigma-1} \binom{m_\Sigma}{i} [F(H)]^i [1-F(H)]^{m_\Sigma-i} \right\} \right] \\ &= \frac{\Pr(Y_{(i_\Sigma+1, m_\Sigma)} \geq H) - \Pr(Y_{(i_\Sigma, m_\Sigma)} \geq H)}{\binom{m_\Sigma}{i_\Sigma}}, \end{aligned} \quad (4)$$

the joint probability can be written as

$$\Pr(Y_{(r_1, m_1)} \geq H, \dots, Y_{(r_j, m_j)} \geq H, \dots, Y_{(r_k, m_k)} \geq H) = \sum_{i_1=0}^{r_1-1} \dots \sum_{i_j=0}^{r_j-1} \dots \sum_{i_k=0}^{r_k-1} \binom{m_1}{i_1} \dots \binom{m_j}{i_j} \dots \binom{m_k}{i_k} \frac{\Pr(Y_{(i_\Sigma+1, m_\Sigma)} \geq H) - \Pr(Y_{(i_\Sigma, m_\Sigma)} \geq H)}{\binom{m_\Sigma}{i_\Sigma}}. \quad (5)$$

This ends the proof. \square

Corollary 1.1. If $r_j = 1, \forall j=1(1)k$, then

$$\Pr(Y_{(1,m_1)} \geq H, \dots, Y_{(1,m_j)} \geq H, \dots, Y_{(1,m_k)} \geq H) = \Pr(Y_{(1,m_\Sigma)} \geq H). \quad (6)$$

Lower one-sided prediction limit for weibull order statistic

The Weibull distribution is a powerful modelling tool used in reliability analyses to predict failure rates and to provide a description of the failure of parts and equipment. The Weibull distribution has been widely used in the empirical modelling of economic models. Applications include the modelling of unemployment spells, strike durations, income distributions, the length of a firm’s innovation period, and the size of research and development budgets. Depending on the particular problem, the variable under consideration may not be fully observed, requiring censoring procedures for estimation.

Based on engineering and macroscopic viewpoints, the mechanical properties of metallic materials are often considered homogeneous. However, a considerable amount of scatter has been observed in fatigue data even under the same loading condition. It may be attributed to the inhomogeneous material properties. As a result, probabilistic approaches for the fatigue crack initiation and growth have received great attention in recent years.

One of the important issues in the probabilistic fracture mechanics analysis lies in the probabilistic modelling of fatigue crack initiation (or growth) phenomenon. Many probabilistic models have been proposed to capture the scatter of the fatigue crack growth data. Some of these models are based on the two-parameter Weibull distribution. It exhibits a wide range of shapes for the density and hazard functions that makes this distribution suitable for modelling complex failure data sets. Many authors have considered the problem of constructing prediction limits for the extreme value and Weibull distributions.

In this section our focus is on prediction limits for future samples of observations from the two-parameter Weibull distribution and the purpose is to present a technique for constructing the prediction limits which can be used very generally, for Type II censored as well as complete data. The procedures should in particular be useful in situations not handled by the tables in the aforementioned references.

The proposed technique may be useful when we consider, for example, the reliability problem associated with fatigue damage that arises from the initiation of fatigue cracks originating from rivet holes along the top longitudinal row of the outer skin of the panel (Fig. 1). In many cases during maintenance some of sections could have fail or pre-fails that must be repair by patches. As example such of patches we can predict in this experiment. We have completed assembled panels that were made from 2024 duralumin. As you see in this Fig. 1 of these panels consist of two ribs, one spar and skin. To develop this parts must be used fasteners, rivets, screws and dzus. Mainly we don’t know in what places will be initiate cracks in this structure, but in some cases it’s could be define as conditions due to react loads. Next three questions are in what places we can inspect this structure by the use of probe, how we can check scale for each time. In this method we suppose that frequencies will impact for experiments. Because that we consider four main C-factors criteria:

C1 – Conditions of fixed structure, and places for probe.

C2 – Random frequencies load floatation, level of noise.

C3 – Measurement system of Cartesian coordinates X, Y, Z and three angles α, β, γ . It helps to define right axis of space orientation.

C4 – Determination of structure entertainment changes or crack propagation.

A post-failure photograph of one test components (Fig. 1) indicates the location of fatigue crack initiation at the radius between the rib and one of the two rivets. Experiments show that the time to fatigue crack initiation follows the two-parameter Weibull distribution.

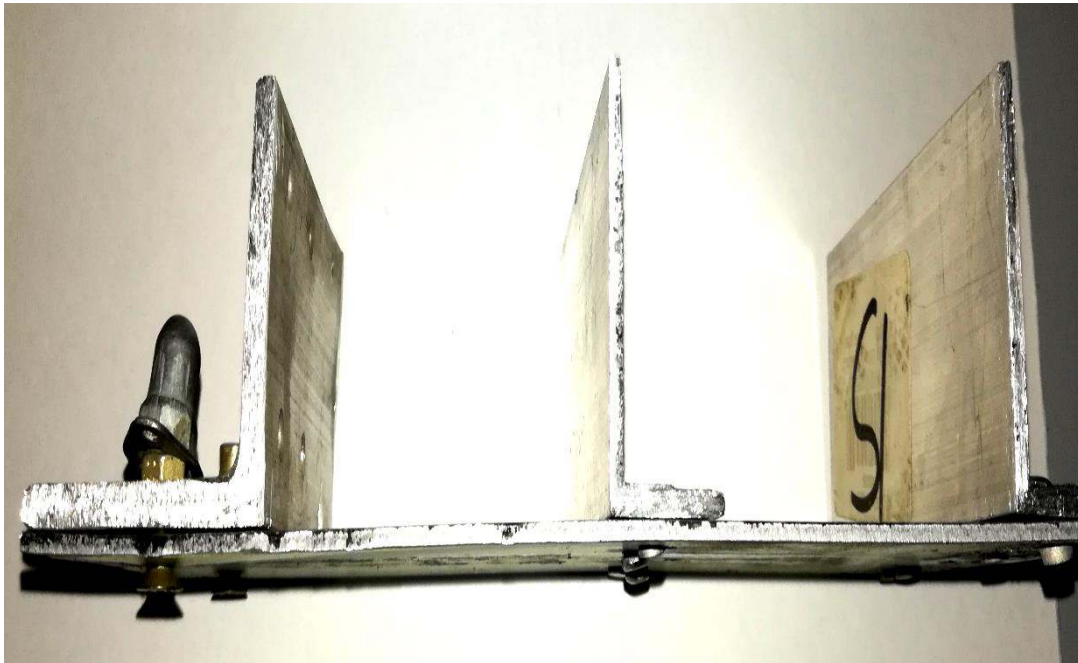


Fig. 1. Test specimen number crack initiation

Fig. 1 Mounted joints. Left hand spar and 2 more ribs mid and right are connected with rivets. In this paper we will start using AutoCAD software to prepare solid model of the assemble part. As a result of the report we will resolve C1 factor,

Two panels could be equal to design imagine but actually we have different shape and its most complicated to define small size deviations.

We have software that can detect most significant points and later check its buckling. For the basic conditions we can choose spar as fixed support and other elements will be loaded shear pressure. For each rivet is given its own number as shown in Fig 2.

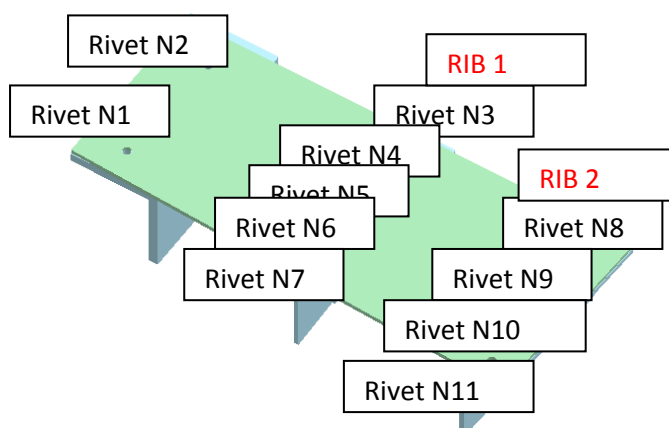


Fig 2. Example of simple part and rivet (hole) numbers,

Rivet row in consideration

How to identify most significant element in the structure?

The main C1 factor is possible places connection of two probes.

Modelling of the panels is to define points that have high value of stress or could be at risk for real case work. In according to the reports we can consider that most danger points on the right side of the rib. See Fig N3

As an example we have analysis of connection of the simple parts with neighboring elements that have minimum fatigue life margin. As we see on next Fig. 3 after rib rating will see the Rib 1 and 2 of panel stress analysis have conclusion that connection with minimum service life is located at the rivets 3,7,8,11.

Compare of two rows we can conclude that inspection is possible for two rivets N8 and N11.

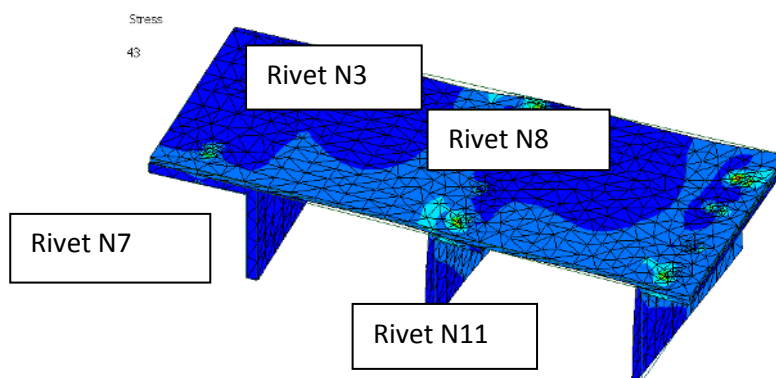


Fig 3. Significant points with crack initiations

In this Fig.3 Point N1 and Point N2 with red colour is most appropriate place for sensors and Probe.

Design of the probe could apply to the corresponding rivets and holes.

Value of σ_{R0} (MPa) for under loaded element connections made of Al-alloys (2024-T7451) for single-row fastening is 7 ksi. Evaluation of design safe life of the element is 40 000 FH.

In advance we consider that spar point initial cracks, in our case as dynamic input. And than we have next criteria C2.

It is assumed that a fatigue crack can initiate randomly at either side of a hole with diameter d . Experiments show that the number of flight cycles at which an initial crack will appear at one side with respect to a particular rivet follows the two-parameter Weibull distribution.

The probability density function for the random variable X of the two-parameter Weibull distribution is given by

$$f(x; \sigma, \delta) = \frac{\delta}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\delta-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\delta} \right] \quad (x > 0), \quad (7)$$

where $\delta > 0$ and $\beta > 0$ are the shape and scale parameters, respectively. Writing

$$S = \mu + \sigma Z, \quad (8)$$

where Z is a random variable with standardized extreme value density,

$$f(z) = \exp(z - e^z), \quad -\infty < z < \infty, \quad (9)$$

then the density of S can be obtained as

$$f(s; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{s - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{s - \mu}{\sigma}\right)\right), \quad -\infty < s < \infty. \quad (10)$$

The distribution of S is known as the smallest extreme value distribution (SEV). If $S = \ln X$, so that, $X = e^S$, then

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x} \frac{1}{\sigma} (xe^{-\mu})^{1/\sigma} \exp[-(xe^{-\mu})^{1/\sigma}]. \quad (11)$$

With $\sigma = 1/\delta$ and $\mu = \ln \beta$, X is distributed as Weibull with shape parameter δ and scale parameter β . Given this, for analytical and computational convenience, this paper works in the $S = \ln X$ scale, the results, however, are reported directly for the Weibull observations.

Theorem 2 (Lower one-sided prediction limit for Weibull order statistic). Let $X_1 < \dots < X_r$ be the first r ordered past observations from a sample of size n from the distribution (7). Then a lower one-sided conditional $(1-\alpha)$ prediction limit $h_{(1-\alpha)}$ on the l th order statistic Y_l of a set of m future ordered observations $Y_1 < \dots < Y_m$ is given by

$$\begin{aligned} \Pr\{Y_l > h_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} &= \Pr\left\{\widehat{\delta} \ln\left(\frac{Y_l}{\widehat{\beta}}\right) > \widehat{\delta} \ln\left(\frac{h_{(1-\alpha)}}{\widehat{\beta}}\right); \mathbf{z}\right\} = \Pr\{W_l > w_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} \\ &= \frac{\sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} e^{-v \widehat{\delta} \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \widehat{\beta})} \left((m-j)e^{v w_{(1-\alpha)}} + \sum_{i=1}^r e^{v \widehat{\delta} \ln(x_i / \widehat{\beta})} + (n-r)e^{v \widehat{\delta} \ln(x_r / \widehat{\beta})} \right)^{-r} dv \right]}{\sum_{j=0}^{l-1} \binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} e^{-v \widehat{\delta} \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \widehat{\beta})} \left(\sum_{i=1}^r e^{v \widehat{\delta} \ln(x_i / \widehat{\beta})} + (n-r)e^{v \widehat{\delta} \ln(x_r / \widehat{\beta})} \right)^{-r} dv} \\ &= 1 - \alpha, \end{aligned} \quad (12)$$

where $\widehat{\beta}$ and $\widehat{\delta}$ are the maximum likelihood estimators of β and δ based on the first r ordered past observations (X_1, \dots, X_r) from a sample of size n from the Weibull distribution, which can be found from solution of

$$\widehat{\beta} = \left(\frac{\sum_{i=1}^r x_i^{\widehat{\delta}} + (n-r)x_r^{\widehat{\delta}}}{r} \right)^{1/\widehat{\delta}}, \quad (13)$$

And

$$\widehat{\delta} = \left[\left(\sum_{i=1}^r x_i^{\widehat{\delta}} \ln x_i + (n-r)x_r^{\widehat{\delta}} \ln x_r \right) \left(\sum_{i=1}^r x_i^{\widehat{\delta}} + (n-r)x_r^{\widehat{\delta}} \right)^{-1} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln x_i \right]^{-1}, \quad (14)$$

$$\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_{r-2}), \quad (15)$$

$$Z_i = \widehat{\delta} \ln\left(\frac{X_i}{\widehat{\beta}}\right), \quad i = 1, \dots, r - 2, \quad (16)$$

$$W_i = \widehat{\delta} \ln\left(\frac{Y_i}{\widehat{\beta}}\right), \quad w_{(1-\alpha)} = \widehat{\delta} \ln\left(\frac{h_{(1-\alpha)}}{\widehat{\beta}}\right). \quad (17)$$

Proof. The joint density of $S_1=\ln(X_1), \dots, S_r=\ln(X_r)$ is given by

$$f(s_1, \dots, s_r; \mu, \sigma) = \frac{n!}{(n-r)!} \prod_{i=1}^r \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{s_i - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{s_i - \mu}{\sigma}\right)\right) \exp\left(- (n-r) \exp\left(\frac{s_r - \mu}{\sigma}\right)\right). \quad (18)$$

Let $\widehat{\mu}$, $\widehat{\sigma}$ be the maximum likelihood estimators (estimates) of μ , σ based on S_1, \dots, S_r and let

$$V_1 = \frac{\widehat{\mu} - \mu}{\widehat{\sigma}}, \quad (19)$$

$$V = \frac{\widehat{\sigma}}{\sigma}, \quad (20)$$

And

$$Z_i = \frac{S_i - \widehat{\mu}}{\widehat{\sigma}}, \quad i = 1(1)r. \quad (21)$$

Parameters μ and σ in (18) are location and scale parameters, respectively, and it is well known that if $\widehat{\mu}$ and $\widehat{\sigma}$ are estimates of μ and σ , possessing certain invariance properties, then the quantities V_1 and V are parameter-free. Most, if not all, proposed estimates of μ and σ possess the necessary properties; these include the maximum likelihood estimates and various linear estimates. $Z_i, i=1(1)r$, are ancillary statistics, any $r-2$ of which form a functionally independent set. We then find in a straightforward manner that the joint density of V_1, V , conditional on fixed $\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_{r-2})$, is

$$f(v_1, v; \mathbf{z}) = \mathcal{G}(\mathbf{z}) v^{r-1} \exp\left(\sum_{i=1}^r (z_i + v_1)v - \sum_{i=1}^r \exp[(z_i + v_1)v] - (n-r) \exp[(z_r + v_1)v]\right), \quad (22)$$

$v_1 \in (-\infty, \infty), \quad v \in (0, \infty).$

where

$$\mathcal{G}(\mathbf{z}) = \left(\int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty v^{r-1} \exp\left(\sum_{i=1}^r (z_i + v_1)v - \sum_{i=1}^r \exp[(z_i + v_1)v] - (n-r) \exp[(z_r + v_1)v]\right) dv_1 dv \right)^{-1} \quad (23)$$

is the normalizing constant. For notational convenience we include all of z_1, \dots, z_r in (21); z_{r-1} and z_r can be expressed as function of z_1, \dots, z_r only.

Writing

$$W = \frac{\ln Y_i - \mu}{\sigma}, \quad (24)$$

where Y_l is the l th order statistic from an independent second sample of m observations also from the distribution (7), and noting that $\exp(W)$ is the l th order statistic in a sample of m observations from the standard exponential distribution, we have the density of W as

$$\begin{aligned} f(w) &= \frac{m!}{(l-1)!(m-l)!} [1 - \exp(-e^w)]^{l-1} [\exp(-e^w)]^{m-l} e^w \exp(-e^w) \\ &= \frac{m!}{(l-1)!(m-l)!} e^w \sum_{j=0}^{l-1} \binom{l-1}{j} (-1)^{l-1-j} \exp[-(m-j)e^w], \quad w \in (-\infty, \infty). \end{aligned} \quad (25)$$

Since W is distributed independently of v_1, v we find the joint density of w, v_1, v , conditional on \mathbf{z} , as the product of (22) and (25),

$$f(w, v_1, v; \mathbf{z}) = f(w) f(v_1, v; \mathbf{z}). \quad (26)$$

Note that

$$W_l = \frac{\ln Y_l - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} = \frac{W - V_1 V}{V}; \quad (27)$$

making the transformation $w_l = (w - v_1 v)/v$, $v_1 = v_1$, $v = v$ we find the joint density of w_l, v_1, v , conditional on \mathbf{z} , as

$$\begin{aligned} f(w_l, v_1, v; \mathbf{z}) &= \frac{m!}{(l-1)!(m-l)!} g(\mathbf{z}) \sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} (-1)^{l-1-j} v^r \exp\left((r+1)v_1 v + \left(w_l + \sum_{i=1}^r z_i \right) v \right) \right. \\ &\quad \left. \times \exp\left(-(m-j) \exp[(w_l + v_1)v] \right) \exp\left(-\exp[v_1 v] \left(\sum_{i=1}^r \exp[z_i v] + (n-r) \exp[z_r v] \right) \right) \right], \\ &\quad w_l \in (-\infty, \infty), \quad v_1 \in (-\infty, \infty), \quad v \in (0, \infty). \end{aligned} \quad (28)$$

Now v_1 can be integrated out of (28) in a straightforward way to give

$$\begin{aligned} f(w_l, v; \mathbf{z}) &= \frac{m!}{(l-1)!(m-l)!} g(\mathbf{z}) \Gamma(r+1) \\ &\quad \times \sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \frac{v^{r-2} \exp\left(v \sum_{i=1}^r z_i \right) (m-j) v \exp[w_l v]}{\left((m-j) \exp[w_l v] + \sum_{i=1}^r \exp[z_i v] + (n-r) \exp[z_r v] \right)^{r+1}} \right] \\ &= \frac{\sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \frac{r v^{r-2} \exp\left(v \sum_{i=1}^r z_i \right) (m-j) v \exp[w_l v]}{\left((m-j) \exp[w_l v] + \sum_{i=1}^r \exp[z_i v] + (n-r) \exp[z_r v] \right)^{r+1}} \right]}{\sum_{j=0}^{l-1} \binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} \exp\left(v \sum_{i=1}^r z_i \right) \left(\sum_{i=1}^r \exp[z_i v] + (n-r) \exp[z_r v] \right)^{-r} dv}, \end{aligned}$$

$$w_l \in (-\infty, \infty), \quad v \in (0, \infty). \quad (29)$$

Thus, for fixed $w_{(1-\alpha)}$ ($-\infty < w_{(1-\alpha)} < \infty$),

$$\begin{aligned} \Pr\{W_l > w_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} &= \int_0^\infty \int_{w_{(1-\alpha)}}^\infty f(w_l, v; \mathbf{z}) dw_l dv \\ &= \frac{\sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} \exp\left(v \sum_{i=1}^r z_i\right) \left((m-j)e^{w_{(1-\alpha)}v} + \sum_{i=1}^r \exp[z_i v] + (n-r)\exp[z_r v] \right)^{-r} dv \right]}{\sum_{j=0}^{l-1} \binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} \exp\left(v \sum_{i=1}^r z_i\right) \left(\sum_{i=1}^r \exp[z_i v] + (n-r)\exp[z_r v] \right)^{-r} dv} \\ &= \frac{\sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left((m-j)e^{vw_{(1-\alpha)}} + \sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv \right]}{\sum_{j=0}^{l-1} \binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left(\sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv}. \end{aligned} \quad (30)$$

This completes the proof.

Corollary 2.1. A lower one-sided conditional $(1-\alpha)$ prediction limit $h_{(1-\alpha)}$ on the minimum Y_1 of a set of m future ordered observations $Y_1 < \dots < Y_m$ is given by

$$\begin{aligned} \Pr\{Y_1 > h_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} &= \Pr\left\{ \hat{\delta} \ln\left(\frac{Y_1}{\hat{\beta}}\right) > \hat{\delta} \ln\left(\frac{h_{(1-\alpha)}}{\hat{\beta}}\right); \mathbf{z} \right\} = \Pr\{W_1 > w_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} \\ &= \frac{\int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left(m e^{vw_{(1-\alpha)}} + \sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv}{\int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left(\sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv} = 1 - \alpha. \end{aligned} \quad (31)$$

Thus, when $l = 1$, (12) reduces to formula (31).

Corollary 2.2. An upper one-sided conditional $(1-\alpha)$ prediction limit $h^{(1-\alpha)}$ on the maximum Y_m of a set of m future ordered observations $Y_1 < \dots < Y_m$ is given by

$$\begin{aligned} \Pr\{Y_m < h^{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} &= \Pr\left\{ \hat{\delta} \ln\left(\frac{Y_m}{\hat{\beta}}\right) < \hat{\delta} \ln\left(\frac{h^{(1-\alpha)}}{\hat{\beta}}\right); \mathbf{z} \right\} = \Pr\{W_m < w^{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} \\ &= 1 - \frac{\sum_{j=0}^{m-1} \left[\binom{m-1}{j} \frac{(-1)^{m-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left(\frac{m-j}{e^{-vw^{(1-\alpha)}}} + \sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv \right]}{\sum_{j=0}^{m-1} \binom{m-1}{j} \frac{(-1)^{m-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left(\sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv} \end{aligned}$$

$$= 1 - \frac{\sum_{j=0}^{m-1} \left[\binom{m-1}{j} \frac{(-1)^j}{j+1} \int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left((j+1)e^{vw^{(1-\alpha)}} + \sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv \right]}{\sum_{j=0}^{m-1} \binom{m-1}{j} \frac{(-1)^j}{j+1} \int_0^\infty v^{r-2} e^{v \delta \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \hat{\beta})} \left(\sum_{i=1}^r e^{v \delta \ln(x_i / \hat{\beta})} + (n-r)e^{v \delta \ln(x_r / \hat{\beta})} \right)^{-r} dv} = 1 - \alpha. \quad (32)$$

Corollary 2.3. If $r=n$ and n is large, (12) should be more or less independent of \mathbf{Z} . Also, Z_1, \dots, Z_n will be nearly independent and approximately distributed as standard extreme values, with pdf

$$f_{\circ}(\bullet w) = e^{\bullet w} \exp(-e^{\bullet w}), \quad \bullet w \in (-\infty, \infty). \quad (33)$$

Our first step is to replace z_1, \dots, z_n in the numerator of (12) by $nE\{\bullet W\} = -n\gamma$, where $\gamma=0.577215\dots$ is the Euler constant. We now suppose that $(1/n) \sum_{i=1}^n \exp[z_i v]$ will be approximately equal to the moment generating function for (33), with dummy variable v . Since $E\{\exp[\bullet w \eta]\} = \Gamma(1+\eta)$, we approximate the above sum in the denominator of (12) by $n\Gamma(1+v)$. We thus arrive at the following approximation to (12), where $r=n$,

$$\Pr\{Y_l > h_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} = \Pr\left\{ \hat{\delta} \ln\left(\frac{Y_l}{\hat{\beta}}\right) > \hat{\delta} \ln\left(\frac{h_{(1-\alpha)}}{\hat{\beta}}\right); \mathbf{z} \right\} = \Pr\{W_l > w_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} \\ = \frac{\sum_{j=0}^{l-1} \left[\binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{n-2} e^{-v\eta\gamma} \left(\frac{m-j}{n} e^{vw^{(1-\alpha)}} + \Gamma(1+v) \right)^{-n} dv \right]}{\sum_{j=0}^{l-1} \binom{l-1}{j} \frac{(-1)^{l-1-j}}{m-j} \int_0^\infty v^{n-2} e^{-v\eta\gamma} [\Gamma(1+v)]^{-n} dv} = 1 - \alpha. \quad (34)$$

Outcomes and discussion

Examples of applications:

1. Assigning Warranty Period

For instance, consider the data of fatigue tests on a particular type of structural components (stringer) of aircraft. The data are for a complete sample of size $r = n = 5$, with observations (Table 1).

Table 1.

The data of fatigue tests

Observations	Time to crack initiation (in number of 10^4 flight hours)
x_1	5
x_2	6.25
x_3	7.5
x_4	7.9
x_5	8.1

and results being expressed here in number of 10^4 flight-hours. On the basis of these data it is wished to estimate a lower 0.95 prediction limit on Y_1 in a group of $m = 5$ identical components (for a fleet of $m = 5$ aircraft) which are to be put into service.

Goodness-of-fit testing. We assess the statistical significance of departures from the Weibull model by performing empirical distribution function goodness-of-fit test. We use the $\cdot S$ statistic [8]. For censoring (or complete) datasets, the $\cdot S$ statistic is given

$$\text{by } \cdot S = \frac{\sum_{i=[r/2]+1}^{r-1} \left(\frac{\ln(x_{i+1}/x_i)}{M_i} \right)}{\sum_{i=1}^{r-1} \left(\frac{\ln(x_{i+1}/x_i)}{M_i} \right)} = \frac{\sum_{i=3}^4 \left(\frac{\ln(x_{i+1}/x_i)}{M_i} \right)}{\sum_{i=1}^4 \left(\frac{\ln(x_{i+1}/x_i)}{M_i} \right)} = 0.184, \quad (35)$$

where $[r/2]$ is a largest integer $\leq r/2$, the values of M_i are given in Table 13 [8]. The reject region for the α level of significance is $\{\cdot S > \cdot S_{n;1-\alpha}\}$. The percentage points for $\cdot S_{n;1-\alpha}$ were given by Kapur and Lamberson [8]. For this example,

$$\cdot S = 0.184 < \cdot S_{n=5; 1-\alpha=0.95} = 0.86. \quad (36)$$

Thus, there is not evidence to rule out the Weibull model. The maximum likelihood estimates of unknown parameters β and δ are $\hat{\beta} = 7.42603$ and $\hat{\delta} = 7.9081$, respectively. It follows from (31) that

$$\begin{aligned} \Pr\{Y_1 > h_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} &= \Pr\left\{ \hat{\delta} \ln\left(\frac{Y_1}{\hat{\beta}}\right) > \hat{\delta} \ln\left(\frac{h_{(1-\alpha)}}{\hat{\beta}}\right); \mathbf{z} \right\} = \Pr\{W_1 > w_{(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} \\ &= \Pr\{W_1 > -8.4378; \mathbf{z}\} = \frac{0.0000141389}{0.0000148830} = 0.95 \end{aligned} \quad (37)$$

and a lower 0.95 prediction limit for Y_1 is $h_{(1-\alpha)} = 2.5549$ ($\times 10^4$) flight hours, i.e., we have obtained the warranty period (or the time to the first inspection) equal to 25549 flight hours with confidence level $\gamma = 1 - \alpha = 0.95$.

2.Planning In-service Inspections for Detection of Initial Crack After Warranty Period

Let us assume that in a fleet of m aircraft there are m of the same individual structure components, operating independently. Suppose an inspection is carried out at time τ_j , and this shows that initial crack (which may be detected) has not yet occurred. We now have to schedule the next inspection. Let Y_1 be the minimum time to crack initiation in the above components. In other words, let Y_1 be the smallest observation from an independent second sample of m observations also from the distribution (7). Then the inspection times can be calculated recursively as

$$\tau_j = \hat{\beta} \exp(w_{j,(1-\alpha)} / \hat{\delta}), \quad j \geq 2, \quad (38)$$

where it is assumed that $\tau_0=0$, τ_1 is a time of the first inspection (warranty period), w_j is determined from

$$\begin{aligned} \Pr\{Y_1 > \tau_j; Y_1 > \tau_{j-1}, \mathbf{z}\} &= \Pr\left\{\widehat{\delta} \ln\left(\frac{Y_1}{\widehat{\beta}}\right) > \widehat{\delta} \ln\left(\frac{\tau_j}{\widehat{\beta}}\right); \widehat{\delta} \ln\left(\frac{Y_1}{\widehat{\beta}}\right) > \widehat{\delta} \ln\left(\frac{\tau_{j-1}}{\widehat{\beta}}\right), \mathbf{z}\right\} \\ &= \Pr\{W_1 > w_{j,(1-\alpha)}; W_1 > w_{j-1,(1-\alpha)}, \mathbf{z}\} = \frac{\Pr\{W_1 > w_{j,(1-\alpha)}; \mathbf{z}\}}{\Pr\{W_1 > w_{j-1,(1-\alpha)}; \mathbf{z}\}} = 1 - \alpha \end{aligned} \quad (39)$$

or, equivalently, from

$$\begin{aligned} \Pr\{Y_1 > \tau_j; \mathbf{z}\} &= \Pr\left\{\widehat{\delta} \ln\left(\frac{Y_1}{\widehat{\beta}}\right) > \widehat{\delta} \ln\left(\frac{\tau_j}{\widehat{\beta}}\right); \mathbf{z}\right\} = \Pr\{W_1 > w_{j,(1-\alpha)}; \mathbf{z}\} \\ &= \frac{\int_0^\infty v^{r-2} e^{-v\widehat{\delta} \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \widehat{\beta})} \left(m e^{v w_{j,(1-\alpha)}} + \sum_{i=1}^r e^{v\widehat{\delta} \ln(x_i / \widehat{\beta})} + (n-r) e^{v\widehat{\delta} \ln(x_r / \widehat{\beta})} \right)^{-r} dv}{\int_0^\infty v^{r-2} e^{-v\widehat{\delta} \sum_{i=1}^r \ln(x_i / \widehat{\beta})} \left(\sum_{i=1}^r e^{v\widehat{\delta} \ln(x_i / \widehat{\beta})} + (n-r) e^{v\widehat{\delta} \ln(x_r / \widehat{\beta})} \right)^{-r} dv} = (1-\alpha)^j, \quad j \geq 1, \end{aligned} \quad (40)$$

$\widehat{\beta}$ and $\widehat{\delta}$ are the MLE's of β and δ , respectively, and can be found from solution of (13) and (14), respectively.

But again, for instance, consider the data of fatigue tests on a particular type of structural components of aircraft: $x_1=5, x_2=6.25, x_3=7.5, x_4=7.9, x_5=8.1$ (in number of 10^4 flight hours) given in Table 1, where $r=n=5$ and the maximum likelihood estimates of unknown parameters β and δ are $\widehat{\beta} = 7.42603$ and $\widehat{\delta} = 7.9081$, respectively. Thus, using (38) with $\tau_1=2.5549$ ($\times 10^4$ flight hours) (the time of the first inspection), we have obtained the following inspection time sequence (see Table 2).

Table 2.

The inspection time sequence

w_j	Inspection time τ_j ($\times 10^4$ flight hours)	Interval $\tau_{j+1} - \tau_j$ (flight hours)
–	$\tau_0 = 0$	–
$w_1 = -8.4378$	$\tau_1 = 2.5549$	25549
$w_2 = -6.5181$	$\tau_2 = 3.2569$	7020
$w_3 = -5.5145$	$\tau_3 = 3.6975$	4406
$w_4 = -4.8509$	$\tau_4 = 4.0212$	3237
$w_5 = -4.3623$	$\tau_5 = 4.2775$	2563
$w_6 = -3.9793$	$\tau_6 = 4.4898$	2123
$w_7 = -3.6666$	$\tau_7 = 4.6708$	1810
$w_8 = -3.4038$	$\tau_8 = 4.8287$	1579

w_j	Inspection time τ_j ($\times 10^4$ flight hours)	Interval $\tau_{j+1} - \tau_j$ (flight hours)
$w_9 = -3.1780$	$\tau_9 = 4.9685$	1398
\vdots	\vdots	\vdots

Conclusions

The method of constructing prediction limits for future samples from a Weibull distribution introduced in this paper utilizes all the information in a sample, but since it involves the use of numerical integration, many may prefer to use this technique only in situations not readily handled by other of the methods described earlier. With modern computing, however, the conditional prediction limits are not difficult to calculate and should be recommended when the ability to do computations is available.

Although the results of this paper can be obtained through simulation, the simulation results are unstable; they vary from one to another. From theoretical as well as practical points of view, analytical solutions should be used if they are available. The results of this paper provide such analytical solutions. Furthermore, the techniques used in this paper can be applied to obtaining explicit formulae for computing prediction limits for any other location-scale distributions.

References

1. Mann, N. R. and Saunders, S. C., “On evaluation of warranty assurance when life has a Weibull distribution” *Biometrika*, Vol. 56, PP 615-625, (1969).
2. Mann, N. R., “Warranty periods based on three ordered sample observations from a Weibull population”, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. R-19, PP 167-171, (1970).
3. Antle, C. E. and Rademaker, F., “An upper confidence limit on the maximum of m future observations from a Type 1 extreme-value distribution” *Biometrika*, Vol. 59, PP 475-477, (1972).
4. Lawless, J. F., *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. John Wiley, New York, (1982).
5. Fisher, R. A., “Two new properties of mathematical likelihood” *Proc. Roy. Statist. Soc. Ser. A* 144, PP 285-307, (1934).
6. Cox, D. R., “Some problems connected with statistical inference” *Ann. Math. Statist.* Vol. 29, PP 357-372, (1958).
7. Buehler, R. J., “Some validity criteria for statistical inferences” *Ann. Math. Statist.*, Vol. 30, PP 845-863, (1959).
8. Kapur, K.C. and Lamberson, L.R., *Reliability in Engineering Design*. New York: John Wiley and Sons, (1977).

AUTOROTATION OF FREELY FALLING RECTANGULAR PLATE

Vladimirs Vorohobovs, Martins Kleinhofs.

Aeronautical Institute of Riga Technical University

Riga2006@inbox.lv , martins.kleinhofs@inbox.lv

Abstract

Auto rotation of a rectangle that falls through the air was considered. Semi-empirical formulas for rate of rotation and for speed of fall were obtained. The mathematical method of creation of such semi-empirical formulae, based on splitting the task and separate consideration of a set of influencing factors, was developed. One correction coefficient was introduced because two open ends make this problem three-dimensional. The other coefficient is responsible for bifurcation. Simple expression for Magnus and Drag forces were used. All obtained formulae were experimentally proved.

An optimal ratio between the length and width for longest fly time was found.

Key words: Tumbling cards, Magnus effect, Autorotation, Lift force, Rotating kites, Autogyro

Introduction

The problem of simple rectangle flight in the air is undoubtedly a classical fundamental problem. Scientists have repeatedly returned to this task.



Figure 1. **Stroboscopic photo** Source: L. Mahadevan (Tumbling cards. Physics Fluid 1999.
<https://www.seas.harvard.edu/softmat/downloads/pre2000-05.pdf>)

However, despite the seeming simplicity, this task had not yet got any full compact and precise formulae based on real experimental study.

Materials and methods

Mathematical approach to obtain some reasonable formulae.

The flight of thin rectangles in air fully depends from three values W- width, L- Length and Z – surface density of material. If this three values are established, the flight is fully determined, and it is possible to measure f - rate of tumbling, α – angle of deviation of falling

motion from vertical, and V_{\downarrow} - total speed of declined motion or $V_{\text{down}}=V_{\downarrow}\cos(\alpha)$ speed of setting down.

It is clear, that there exist three functions, which describe such dependence. They objectively exist and can be found by experiment. So our goal will be – to find some analytical expression which describes these functions as precise as possible.

Major idea is to identify several factors of influence and analyze their impact one by one. Each factor of influence can be tuned by changing some parameters. The best value for parameters can be found by experiment.

There are three factors of influence.

Dependence of frequency of rotation from total speed.

Look attentively at this stroboscopic photo on Figure 1: It is clear that maximal rotating rate cannot exceed certain value, because its upper edge cannot move backward relative to air. If this maximum will be achieved, then angular frequency of rotation will be:

$$f_{\text{max}} = \frac{2V_{\downarrow}}{W\pi} \quad (1)$$

But real frequency will be lowered by some factors

$$f_{\text{max}} = \frac{V_{\downarrow}}{W} C_f B E \quad (2)$$

Here V_{\downarrow} is speed in tilted direction, and W – width of the rectangle. And C_f – some unknown universal coefficient. B – bifurcation factor, E – factor of influence of ends of the strip. (Such influence make the task sufficiently 3D)

Bifurcation factor B

If V_{\downarrow} is smaller than certain value V_{min} there is no rotation at all. Rotation can start clockwise or counterclockwise if the speed exceeds V_{min} . So it is typical bifurcation point. After starting rotation f increase and strives asymptotically to maximal value.

At some point V_h it achieves 0,707 of its maximal value. So it is clear, that there should be some transition zone between V_{min} and V_h with width $V_{\text{dif}} = V_h - V_{\text{min}}$

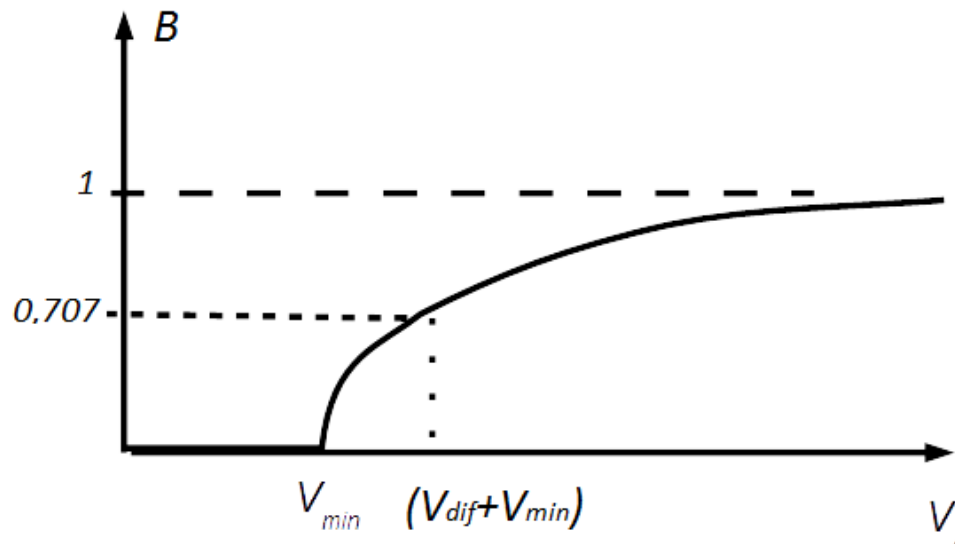


Figure 2. Factor of bifurcation B depending from total speed.

It is clear from general assumption, that point $V_{\downarrow} = V_{\text{min}}$ is some bifurcation point, described by general Zeeman Catastrophic theory.

That is why simplest formulae for factor B must have some root square:

$$B = 0 \quad \text{at } V_l < V_{\min}$$

$$B = \pm \sqrt{\frac{(V_l - V_{\min})}{(V_l - V_{\min}) + V_{dif}}} \quad \text{at } V_l > V_{\min} \quad (3)$$

Now let us make this expression dimensionless on the basic of Reynolds similarity. As far as critical values of speed V_{\min} and V_{dif} corresponds to certain critical Reynolds Numbers Re_{\min} and Re_{dif} of the system, they can be expressed through these numbers. The typical dimension of the system is the width W of rectangular. So finally we obtain:

$$f = \frac{V_l}{W} \cdot EC_f \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{V_l \rho W}{\eta} - Re_{\min}}} \sqrt{\frac{1}{\frac{\eta}{Re_{dif}} + 1}} \quad \text{at } Re > Re_{\min} \quad (4)$$

Where ρ – density of the air, η – viscosity, W – width of rectangular. Re_{\min} and Re_{dif} and C_f are some dimensionless parameters, which will be found by experiment later.

Factor E – boundary effect on free ends.

Two-dimensional models are based on the assumption that the rectangle can be made arbitrarily long in the horizontal direction. The easiest way, how to take in to account the third dimension is the introduction of some Boundary Factor which takes in to consideration spoiling of motion by boundary effect when two ends come too close.

This effect is a major reason, why the problem is sufficiently three-dimensional, and cannot be correctly described as a two-dimensional problem.

Boundary effect spoils uniform aerodynamics and diminishes the rate of rotation. This can be presented by some factor E . Factor E is some function of ratio L/W , which is minimal at $L/W=1$, because for squares, the ends are closer. Otherwise the length and width will be reversed. The E increases asymptotically to its maximal value 1 at $L/W \gg 1$ when the edges influence becomes negligible. The simplest analytical formula for this factor looks like:

$$E = \left(1 - \frac{1}{\frac{C_b L}{W} + 1} \right) \quad (5)$$

Where C_b is some coefficient which determines the rate of this dependence. Obviously $C_b \approx 1$

The Boundary factor diminishes the rotating speed f .

$$f = \frac{V_l}{W} \cdot C_f \cdot \left(1 - \frac{1}{\frac{C_b L}{W} + 1} \right) \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{V_l \rho W}{\eta} - Re_{\min}}} \sqrt{\frac{1}{\frac{\eta}{Re_{dif}} + 1}} \quad (6)$$

Simple formula for Frontal resistance.

Frontal resistance (Drag) F_D can be taken as usual:

$$F_D = C_D LW \rho V_i^2 \quad (7)$$

C_D is some dimensionless parameter, which will be found by experiment later.

Simple formula for Magnus effect.

But to evaluate the force in direction perpendicular to motion F_M we should compare this object with the rotating cylinder, which experiences the Magnus effect.

It is known, that Magnus perpendicular force is equal to $F_M = LV_i \rho \Gamma$ where Γ is circulation of speed for cylinder with radius r $\Gamma = (2\pi r)^2 f$ and so $F_M = (2\pi r)^2 f LV_i \rho$. But for the specific geometry of the tumbling rectangle some other coefficients can appear here.

So we can assume that $F_M = C_M \cdot f \cdot W^2 LV_i \rho$, where C_M is some unknown coefficient, which depends on geometry but must be the same for geometrically similar rectangles.

So Magnus force is:

$$F_M = WL V_i^2 \rho C_M \left(1 - \frac{1}{\frac{C_b L}{W} + 1} \right) \cdot C_f \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{V_i \rho W}{\eta} - \text{Re}_{\min}} + 1} \quad (8)$$

Application of Newton's laws to this system.

The vector sum of drag force and Magnus force should be compensated by gravity force. $WLd(\theta - \rho)g$, where θ - is the density of material from which the rectangle is made, $g = 9,8$ m/c, d - is the thickness of the rectangle. If α is an angle between inclined direction of motion and vertical, then the force equilibrium in vertical direction requires:

$$WLd(\theta - \rho)g = F_D \cos(\alpha) + F_M \sin(\alpha)$$

But force equilibrium in horizontal direction requires:

$$F_M \cos(\alpha) = F_D \sin(\alpha)$$

Which means:

$$\text{tg}(\alpha) = F_M / F_D = \frac{C_M}{C_D} \left(1 - \frac{1}{\frac{C_b L}{W} + 1} \right) \cdot C_f \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{V_i \rho W}{\eta} - \text{Re}_{\min}} + 1} \quad (9)$$

Expression in brackets here will not depend on size but only on form. Expression under root square depends only from the Width. Now let us assemble all previous formulae together. So we will get:

$$F_D = (WLd(\theta - \rho)g) \cos(\alpha) = \frac{WLd(\theta - \rho)g}{\sqrt{1 + \text{tg}^2(\alpha)}}$$

$$C_D LW \rho V_i^2 = \frac{WLd(\theta - \rho)g}{\sqrt{1 + \text{tg}^2(\alpha)}}$$

From here we will obtain the expression for speed:

$$V_l = \frac{1}{\sqrt{C_D}} \sqrt{\frac{(\theta - \rho)gd}{\rho}} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{1 + tg^2(\alpha)}} \quad (10)$$

but for falling speed

$$V_{down} = \frac{1}{\sqrt{C_D}} \sqrt{\frac{(\theta - \rho)gd}{\rho}} \left/ \left(\sqrt[4]{1 + tg^2(\alpha)} \right)^3 \right. \quad (11)$$

At $\alpha \rightarrow 0$ this expression coincides with Changqui Jun result in [9]
 $V_{down} = K \sqrt{\frac{(\theta - \rho)gd}{\rho}}$, where $K = \frac{1}{\sqrt{C_D}}$. Actually all dependence from the sizes of the rectangle sit only in expression for $tg(\alpha)$.

It is interesting to remark, that for squares ($L=W$) cut from the same paper falling speeds do not depend on sizes. It means that all squares will go down with the same speed. It occurs because, if $L=W$, the spoiling boundary factor B goes down to $\frac{1}{2}$, and that is why $tg(\alpha)$ is much smaller than 1 and $\frac{1}{\sqrt[4]{1 + tg^2(\alpha)}} \approx 1$

But it is not the case for elongated rectangles ($L > 2W$), which moves and rotates with bigger effectiveness, $tg(\alpha) > 0,8$. For them, the speed of descent depends on sizes and on form. It is very remarkable.

After finding V_l the rotation's rate can be easily calculated by (5)

Results and Discussion

Experimental part.

In order to determine the rotational speed of the falling plate, the camera with fast shooting 240 frames per second was used. With this camera, we managed to measure the rotational speed of the tumbling of a small paper plate.

The proposed above formula for the period of tumbling of the thin plate was fully confirmed in the range of parameters in which the falling was periodic and the axis of rotation was horizontal. Coefficients were determined through the processing of experimental

data. Cinematic viscosity $\frac{\eta}{\rho} = 1,48 \cdot 10^{-5}$, gravity $g = 9,8$, density $\rho = 1,2$, $C_f = 0,4$, $C_M = 0,59$, $C_D = 1,8$, $Re_{min} = 100$, $Re_{dif} = 700$, $C_b = 3$

Table 1

Parameters			Experiment						Theory			Ratio between mass of air involved and mass of rectangular
Surface density Z	Width W	Length L	Rate of tumbling g f	error	Down speed	error	tg(α)	error	Rate of tumbling f	Down speed	tg(α)	
0,068	0,0025	0,0025	26,8	1,6					28,9	1,5	0,4	0,04
0,068	0,005	0,005	18,1	1,3					19	1,3	0,6	0,09
0,068	0,01	0,01	10,8	2					11,2	1,1	0,7	0,18
0,068	0,02	0,02	6,3	2					6,1	1	0,8	0,35
0,068	0,04	0,04	4	2					3,2	1	0,9	0,71
0,068	0,08	0,08	nonstable						1,7	0,9	0,9	1,41
0,046	0,0025	0,0025	21,8	6					21,2	1,2	0,4	0,07
0,046	0,0025	0,0075	21,6	5					24,8	1,2	0,5	0,07
0,046	0,005	0,015	18,9	2					17	1	0,7	0,13
0,046	0,01	0,03	13,3	1					10,1	0,8	0,8	0,26
0,046	0,02	0,06	7,2	1					5,6	0,7	1	0,52
0,046	0,02	0,06	7,2	2					5,6	0,7	1	0,52
0,437	0,135	0,44	3	0,2	1,5	0,2	2	0,5	2,9	1,9	1,2	0,37
2	0,17	0,492	4,5	0,2	3,7	0,6	1	0,2	5	4	1,2	0,1
0,5	0,11	0,42	4,6	0,2	2,4	0,5	2	0,5	3,9	2	1,2	0,26
0,154	0,005	0,015	25,6	4	1,1	0,3			36,4	1,6	0,8	0,04
0,154	0,01	0,03	21,4	5	2	0,5			20,4	1,4	1	0,08
0,154	0,02	0,06	11,5	2	1,6	0,5	1	0,2	10,9	1,2	1,1	0,16
0,154	0,04	0,12	5,9	0,5	1,5	0,3	0,8	0,2	5,7	1,2	1,1	0,31
0,154	0,08	0,24	3,2	0,4	1,2	0,2	0,9	0,2	2,9	1,1	1,2	0,62
0,068	0,0025	0,0075	37,1	5					33,7	1,4	0,5	0,04
0,068	0,005	0,015	26,3	7	1,3	0	1	0,2	21,9	1,1	0,7	0,09
0,068	0,01	0,03	15,9	3	0,9	0,1	2	0,5	12,8	1	0,9	0,18
0,068	0,02	0,06	8,3	0,3	0,8	0,2	1,2	0,3	7	0,9	1	0,35
0,068	0,04	0,12	4,1	0,5	0,9	0,4	0,9	0,2	3,7	0,8	1,1	0,71
0,068	0,08	0,24	nonstable		1	0,3			1,9	0,8	1,1	1,41
0,134	0,015	0,075	15						13,5	1,2	1,1	0,13

Ratio between mass of air involved and mass of rectangular in right column is estimated as $W\rho/Z$.

All values here are in SI.

Upper lower limits for application of formulae.

The upper limit was actually determined by comparison of inertial mass of air, involved in motion, and the inertial mass of the rectangle itself. The first one is about $W^2L\rho$, and the second is precisely WLZ were $Z = (\theta - \rho)d$

That means that the dimensionless factor $P=W\rho/Z$ determines the situation. It was remarked during experiments, that if $P > 1,4$ then the motion becomes chaotic and no smooth tumbling can be observed.

The smallest paper rectangle that I was able to cut from paper and to observe its falling speed in the air, had a width 2,5 mm.

The biggest rectangle was a plastic sheet, 490x170x2 mm in size.

It was proven experimentally that the formulae give correct results for all such different objects.

The fall of the metal plate was observed in water. These plates tumble when falling in

an aqueous medium the same way as the paper plates in the air. But because density of water is much higher,

The restriction mentioned above comes much quicker. Actually in water it tumbles only relative to thick sheets of heavy metals and some cuprum and gold coins. See nice work [10] with discussion about that.

The above formula was also fully confirmed for water.

Thus it has been experimentally proved the simplest dependence law between the size of the rectangle and its rotation period.

No doubt there exists also some restrictions for small sizes, but we cannot find it by available means, because the frequency of my camera frame does not allow this. As a result, we were not able to find proper precise value for Re_{min} . We can only guess that $3 < Re_{min} < 40$. But this task can be solved in the future.

Restrictions of application of this formulae because instability.

To find the complete description of reality we should take into account some violation of stability as well, because short rectangles which are close in shape to the squares, demonstrate the three-dimensionality of their movement: they begin to rotate not around the axis connecting the middle of two opposite sides of the square, but around some other horizontal axis.

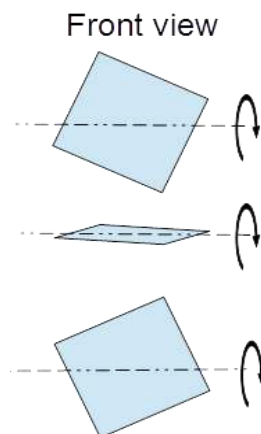


Figure 2. Uncertainty in axis of rotation.

But in this particular publication we restrict our attention to some regular normal tumbling, trying to find analytical solution for that.

Also it was established experimentally that for the rectangles with $L/W > 6$ falling motion of the rectangle becomes spiral and for this reason the formula is no longer valid.

The other type of instability comes from a mass of air involved in rotation. If it is bigger than the weight of the rectangle itself, the motion can become chaotic. See evaluation in the right column of the experimental table.

Conclusions

Formulae (6), (8), (9), (10), (11) can be used to calculate the frequency and speeds of tumbling of falling rectangular.

Practical application of tumbling rectangles.

1. Measurement of Wind.

The role of wind measurement systems in aviation is out of question. The authors of this article had used elongated tumbling paper rectangular as an air marker to measure wind speed at altitude about 50 meters. The paper rectangular was delivered to a height by a special heavy shuttle, and then released for a free flight. It is more convenient than any other

flying objects, because it is always horizontal, and that is why when photographing by camera looking up it is possible to determine its height by measuring its visible angular size, because the real size is known. By filming its movement, it is possible to measure the wind speed at this height. Of course the self-propelled Magnus horizontal component of motion should be taken into consideration and extracted from final result. This movement can be calculated from formulae obtained in this study. The video film showing such wind measurements will be available soon on youtube.com, canal Vladimirs Vorohobovs.

2. Education.

This simple experiment can be proposed for students as laboratory work. During Covid19 online study, it can be proposed as experimental task, which students can fulfil at home, using their handy cameras, to understand aerodynamics and to learn – how to proceed experimental data.

3. Strips of aluminum foil ejected in air from airplane are supposed to disrupt the effectiveness of enemy radar. They are called Chaff (USA) or Window (British).

4. And of course they are widely used as Confetti.

Optimization.

In all these applications it is necessary, that such simple rectangular objects remain in the air as long as possible. This study helped us to find the best proportions of such rectangles for practical use. It should be $1,5 < L/W < 4$ and also $P = Wp/Z < 1$

Math

Combination of mathematical guess and experiment was used. Such approach is very didactic has universal character and can be applied not only for this task but for many other aerodynamical tasks.

References

1. Andersen, A., Pesavento, U., and Wang, Z. J., "Analysis of transitions between fluttering, tumbling and steady descent of falling cards," *J. Fluid Mech.* 541, 91–104 (2005a). <https://doi.org/10.1017/S0022112005005847>, Google ScholarCrossref
2. Andersen, A., Pesavento, U., and Wang, Z. J., "Unsteady aerodynamics of fluttering and tumbling plates," *J. Fluid Mech.* 541, 65–90 (2005b). <https://doi.org/10.1017/S002211200500594X>, Google ScholarCrossref
3. Assemat, P., Fabre, D., and Magnaudet, J., "The onset of unsteadiness of two-dimensional bodies falling or rising in a viscous fluid: A linear study," *J. Fluid Mech.* 690, 173–202 (2012). <https://doi.org/10.1017/jfm.2011.419>, Google ScholarCrossref
4. Auguste, F., Magnaudet, J., and Fabre, D., "Falling styles of disks," *J. Fluid Mech.* 719, 388–405 (2013). <https://doi.org/10.1017/jfm.2012.602>, Google ScholarCrossref
5. Belmonte, A., Eisenberg, H., and Moses, E., "From flutter to tumble: Inertial drag and froude similarity in falling paper," *Phys. Rev. Lett.* 81(2), 345–348 (1998). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.81.345>, Google ScholarCrossref
6. Bonisch, S. and Heuveline, V., "On the numerical simulation of the unsteady free fall of a solid in fluid. I. The Newtonian case," *Comput. Fluids* 36(9), 1434–1445 (2007). <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2007.01.010>, Google ScholarCrossref
7. Changqui Jun. Numerical study of unsteady aerodynamic of falling plate <http://www.math.ust.hk/~makxu/PAPER/CiCP-Jin-Xu.pdf>
8. Chrust, M., Bouchet, G., and Dušek, J., "Numerical simulation of the dynamics of freely falling discs," *Phys. Fluids* 25(4), 044102 (2013). <https://doi.org/10.1063/1.4799179>, Google ScholarScitation, ISI

9. Ern, P., Risso, F., Fabre, D., and Magnaudet, J., "Wake-induced oscillatory paths of bodies freely rising or falling in fluids," *Annu. Rev. Fluid Mech.* 44(44), 97–121 (2012). <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-120710-101250>, Google ScholarCrossref
10. Field, S. B., Klaus, M., Moore, M. G., and Nori, F., "Chaotic dynamics of falling disks," *Nature* 388(6639), 252–254 (1997). <https://doi.org/10.1038/40817>, Google ScholarCrossref
11. Hans J. Lugt, David W. Taylor Autorotation. Naval Ship Research and Development Center, Bethesda, Maryland 20084
12. Iversen, J. D., "Autorotation flate-plate wings: The effect of the moment of inertia, geometry and Reynolds number," *J. Fluid Mech.* 92, 327–348 (1979). <https://doi.org/10.1017/s0022112079000641>, Google ScholarCrossref
13. Jones, M. A. and Shelley, M. J., "Falling cards," *J. Fluid Mech.* 540, 393–425 (2005). <https://doi.org/10.1017/S0022112005005859>, Google ScholarCrossref
14. Lee, C. B., Su, Z., Zhong, H. J., Chen, S. Y., Zhou, M. D., and Wu, J. Z., "Experimental investigation of freely falling thin disks. Part 2. Transition of three-dimensional motion from zigzag to spiral," *J. Fluid Mech.* 732, 77–104 (2013). <https://doi.org/10.1017/jfm.2013.390>, Google ScholarCrossref
15. Luke Heisinger. Coins falling in water. 2013. <https://arxiv.org/pdf/1312.2278.pdf>
16. Mahadevan L. Tumbling cards. *Physics Fluid* 1999. <https://www.seas.harvard.edu/softmat/downloads/pre2000-05.pdf>
17. Maxwell, J. C., Niven, W. D., and Maxwell, J. C., *On a Particular Case of the Descent of a Heavy Body in a Resisting Medium* (Cambridge University Press, 1853). Google Scholar
18. Mittal, R., Seshadri, V., and Udaykumar, H. S., "Flutter, tumble and vortex induced autorotation," *Theor. Comput. Fluid Dyn.* 17(3), 165–170 (2004). <https://doi.org/10.1007/s00162-003-0101-5>, Google ScholarCrossref
19. NASA Technical Paper 1009. p.9
20. Pesavento, U. and Wang, Z. J., "Falling paper: Navier-Stokes solutions, model of fluid forces, and center of mass elevation," *Phys. Rev. Lett.* 93(14), 144501 (2004). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.93.144501>, Google ScholarCrossref
21. Smith A. M. O. "On the Motion of a Tumbling Body", *Journal of the Aeronautical Sciences*, Vol. 20, No. 2 (1953), pp. 73-84.
22. Smith, E. H., "Autorotating wings: An experimental investigation," *J. Fluid Mech.* 50, 513–534 (1971). <https://doi.org/10.1017/s0022112071002738>, Google ScholarCrossref
23. Stuart B. Field, M. Klaus, M. G. Moore & Franco Nori. Chaotic dynamics of falling disks. *Letters of nature.* 1997. <http://www.nature.com/nature/journal/v388/n6639/full/388252a0.html>
24. Vincent, L., Shambaugh, W. S., and Kanso, E., "Holes stabilize freely falling coins," *J. Fluid Mech.* 801, 250–259 (2016). <https://doi.org/10.1017/jfm.2016.432>, Google ScholarCrossref
25. Vitor Fernando Rosa Caetano. Calculation of dynamic behavior of falling disc or plate in fluid. 2010. <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142133553/resumo.pdf>
26. Wang W. B., Hu R. F. Xu S. J. and Wu Z. N. Influence of aspect ratio on tumbling plates. *Journal of fluid mechanics.* 2013 <https://doi.org/10.1017/jfm.2013.461>
27. Wang Y, Shu C, Teo C. J., and Yang L. M., Numerical study on the freely falling plate: Effects of density ratio and thickness-to-length ratio editors-pick *Physics of Fluids* 28, 103603 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4963242>
28. Zeeman, E.C. *Catastrophe Theory-Selected Papers 1972–1977*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1977.

ĀRVALSTU STUDENTU STUDIJU ANALĪZE

Anna Tiļa

Rīgas Aeronavigācijas institūts

Annas5@inbox.lv

Abstract

A significant part of Riga Aeronavigation Institute (RAI) is foreign students. Specific programs, non-existent budget places, democratic admission rules, responsiveness of the admissions committee and openness to potential RAI students - all this gives RAI a certain level of students.

In this study, conducted by the author in the period from 2018-2021. a significant part of foreign students is characterized and analyzed. Working as both an administrative employee and a lecturer, the author has gained a lot of experience in cooperation with foreign students. This study analyzes the studies of foreign students and compares them with two faculties: the Faculty of Business and Engineering. The study is important and will be useful for RAI administration and academic staff.

Anotācija

Nozīmīga daļa Rīgas Aeronavigācijas institūtam (RAI) ir ārvalstu studenti. Specifiskas programmas, neeksistējošas budžeta vietas, demokrātiski uzņemšanas noteikumi, uzņemšanas komisijas atsauce un atvērtība pret potenciāliem RAI studentiem – tas viss dod RAI noteikta līmeņa studentus.

Šajā pētījumā, ko veica autore laika periodā no 2018.g.-2021.g., raksturota un analizēta nozīmīga daļa ārvalstu studentu. Autore strādājama, gan kā administrācijas darbiniece, gan kā pasniedzēja, ieguvusi lielu pieredzi sadarbībā ar ārvalstu studentiem. Šajā pētījumā analizēta ārvalstu studentu studijas un salīdzinātas ar divām fakultātēm: Uzņēmējdarbības un inženieru fakultāti. Pētījums nozīmīgs un noderēs RAI administrācijai un akadēmiskam personālam.

Rīgas Aeronavigācijas institūtu kā studiju galamērķi galvenokārt izvēlās studenti no Krievijas, Uzbekistānas un Kazahstānas. Lai gan mērķis visiem šiem studentiem ir viens – iegūt labu izglītību Latvijā –, motīvi ir atšķirīgi. Pirmkārt, ja kādu iemeslu dēļ viņiem nav izdevies iegūt vēlamu izglītību pašu zemē, otrkārt, izvēlas mērķtiecīgi kā vietu, kur iegūt Eiropas diplomu, liecina autores izpētes rezultāti. RAI simpatizē ar to, ka saziņas valoda ir krievu valoda, ko viņi pārzina savā mītnes zemē.

Taču vienlaikus viņi augstu novērtē piedāvāto studiju kvalitāti, kā arī iespēju studēt angļu valodā un dzīvot galvaspilsētā.

Vērtējot kopējo ārvalstu studentu skaitu, autore secinājusi, ka visvairāk studijas RAI izvēlas tieši Uzbekistānas studenti, bet 2020/2021 ak. g. arī studenti no Pakistānas. Viņi augstu vērtē kopējo studiju kvalitāti, iespēju studēt angļu valodā. Turklāt viņiem ir iespēja ikdienā socializēties krievu valodā. Tāpat atzinīgi tiek vērtētas kopējās studiju un dzīvošanas izmaksas Latvijā. Tāpat augstu vērtē pieredzi, ko dod iespēja iepazīt citas valsts kultūru un paceļot pa dažādām ES valstīm.

Pētījums aptver laika periodu 2018.g.-2021.g. Pētījumā izmantoti RAI studiju materiāli, PMLP anketas, intervijas un formālas, kā arī neformālas sarunas ar studentiem. Šajā pētījumā autore veica analīzi starp divām fakultātēm. Proti: Uzņēmējdarbības (SPUV, SPL, mag.) un inženieru fakultāti (GKTE, GTsV, mag.).

1. tabula

Ārvalstu studentu skaits 2018-2021 no kopējā studentu skaita (%)

Fakultāte	2018/2019 %	2019/2020 %	2020/2021 %
Uzņēmējdarbības SPUV, SPL, mag.	42	31	30
Inženieru GKTE, GTsV, mag.	10	15	20

Avots: autore

Tabulā atspoguļots studentu skaits procentos no kopējā studentu skaita, ieskaitot dienas un klātienēs ciklos (Cycles) studējošos studentus. Adaptācijas periodā (viens studiju gads) ar šiem studentiem nebija nekādu problēmu. Redzams, kā mainījusies situācija pa studiju gadiem. Autores pētījums norāda, ka iestājoties RAI, finanses sedz vecāki mītnes valstī un vecāku griba saistās ar viņu pašu izglītību, sociālo statusu. Izpētot PMLP anketas un neformālās sarunas rezultātus, autore secina:

1. Dažāda līmeņa augstākā izglītība ir 56% no aptaujāto studentu vecākiem, t.sk.: 8% koledžas izglītība, 13% — bakalaura, 23% — maģistra grāds vai tā ekvivalents (lielākoties tā ir augstākā izglītība, kas iegūta padomju gados),

2. Raksturojot vecāku nodarbinātības statusu, autore secina, ka lielākai daļai studentu vecāki strādā algotu darbu vai ir uzņēmēji/pašnodarbinātie.

3. vecāku izglītības līmenis, nodarbošanās, vecāku ģimenes materiālās pārticības subjektīvais vērtējums nosaka saistību ar potenciālā studenta izglītības ceļa izvēli arī studenta attieksmi pret studijām. Jo augstāks vecāku izglītības līmenis, jo augstāk viņu bērni — studenti vērtē iegūstamo augstāko izglītību. Tabulā redzams, ka visvairāk ārvalstu studentu ir uzņemts uzņēmējdarbības fakultātē, zemāka studiju maksa.

Studiju procesa raksturojums

Kvalitatīva studiju procesa norises nodrošināšana ārvalstu pilna laika studentiem ir īpaši svarīga, bet ne vienmēr ir iespēja attālināto studiju procesu nodrošināt asinhronā režīmā. Jāņem vērā tas, ka studējošie var atrasties dažādās laika zonās, tāpat bieži tiek saņemta informācija par ierobežotajiem studiju procesam nepieciešamajiem resursiem un interneta jaudas ātrumu.

vērtēšanas atklātības princips – atbilstoši izvirzītajiem programmas mērķiem un uzdevumiem, kā arī studiju kursu mērķiem un uzdevumiem ir noteikts prasību kopums studiju rezultātu sasniegšanas vērtēšanai. Prasību kopums ir norādīts katrā studiju kursa aprakstā.

Vērtēšanā izmantoto pārbaudes veidu dažādības princips – programmas apguves vērtēšanā izmanto dažādus pārbaudes veidus. Katrs pasniedzējs savā studiju kursā regulāri pārbauda studentu zināšanas, izmantojot kursa programmās un aprakstā norādītos pārbaudes veidus (kontroldarbi, mājasdarbi, referāti, testi, prezentācijas, patstāvīgie darbi, grupas darbi utt.). Prasības ir atkarīgas no studiju kursa specifikas un studiju procesa organizācijas tajā.

Eksāmeni RAI tiek organizēti gan rakstiski, gan mutiski. Gala vērtējums pēc studiju kursa apguves ietver studenta darba novērtējumu visa studiju kursa apguves laikā, tajā skaitā, līdzdalību un darba kvalitāti nodarbībās, kontroldarbu un patstāvīgo darbu rezultātus, kā arī eksāmena vērtējumu. Kursa apguve ir sekmīga, ja programmā noteiktās prasības ir izpildītas līdz pārbaudījuma perioda beigām, izņemot gadījumus, kad saņemts pārbaudījuma kārtošanas termiņa pagarinājums.

Studiju kvalitātes novērtēšanai iekļauti studiju procesa galvenie aspekti, piemēram, studiju materiāli tehniskā nodrošinājuma vērtējums un studiju procesa organizācijas novērtējums. Šajā pētījumā to raksturo šādi rādītāji:

1. bibliotēkas darbība, iespēja dabūt kursam nepieciešamās grāmatas un citus studiju materiālus,
2. materiāli tehniskais nodrošinājums laboratorijās/datorklasēs,
3. telpu pieejamība studiju vajadzībām ārpus lekciju laika;
4. studiju organizācija un nodarbību grafiks,
5. prakses nodrošināšana un organizēšana,
6. zinātniskā darba iespējas,
7. informācija par iespējām studēt starptautiskajās studentu apmaiņas programmās. (Erasmus +)
8. Studiju kursu docēšanas kvalitāte, kas ietver pasniegšanas kvalitāti, docētāju darba kvalitāti, attieksmi pret studentiem, pārbaudes darbu izvērstu analīzi un komunikāciju ar studentu pārbaudes darbu kontekstā,
9. konsultāciju pieejamību un docētāju atvērtību sadarbībai ar studentiem. Šie aspekti ir ļoti svarīgi student centrētās izglītības kontekstā.

Pētījuma gaitā izvirzījās secinājumi par sekmēm iestāšanas gadā abās fakultātēs.

2.tabula

Studentu sekmju raksturojums abās fakultātēs (%)

Fakultāte	2018/2019 %			2019/2020 %			2020/2021 %		
	Sekmju īpatsvars %, 10 baļļu sistēmā								
	4-6	7-9	10	4-6	7-9	10	4-6	7-9	10
Uzņēmējdarbības SPUV, SPL, mag.	30	11	1	21	9	1	22	6.5	1.5
Inženieru GKTE, GTsV, mag.	3	6	1	4	10	1	6	10	4

Avots: autore

Tabulā (2.tabula) attēloti sekmju rezultāti, izejot no studentu skaita, kas parādīta 1. tabulā. Visi rezultāti tiek aprēķināti procentos. Sekmes attēlotas par 1. studiju gadu. Uzņēmējdarbības fakultātē 2018/2019.ak.g. **vidēji** beidz 1.gada studijas (4-6 balles) 30%; **labi**-11% no 42% ; 2019/2020 **vidēji** – 21%, **labi**-9% no 31% ārvalstnieku, bet 2020/2021 **vidēji** – 22%; **labi**-6% no 30% ārvalstnieku.

Attiecīgi Inženieru fakultātē **vidēji** pirmo studiju gadu beidz 3%; **labi**-6% no 10% studējošo ārvalstnieku; 2019/2020 **vidēji**-4%; **labi**-10% no 15% studējošo ārvalstnieku, bet 2020/2021 **vidēji**-6%; **labi**-10% no 20% studējošo ārvalstnieku.

No šiem izpētes rezultātiem, autore secina:

1. Uzņēmējdarbību studenti ir izvēlējušies tāpēc, ka neprot angļu valodu, un arī samaksa par studijām ir lētāka. Galvenais ir iegūt Eiropas diplomu, jo Latvija ir kā sliekšnis uz ES valstīm darba meklējumos. Tas nozīmē arī attieksmi pret studijām, lekciju apmeklēšanu, mājas darbu pildīšanu.

2. Inženieru fakultātes studentu vecāki 90% ir pašnodarbinātie ar koledžas un dažāda līmeņa augstāko izglītību, un pētījumā parādās saikne starp vecāku audzināšanu un studenta attieksmi pret studijām. Inženieru fakultātes studenti ir disciplinētāki, apmeklē lekcijas, tāpēc arī studiju novērtējums ir ļoti atšķirīgs no uzņēmējdarbības fakultātes.

Autore izpētījusi 2018/2019 un 2019/2020 ak. g. uzņemto uzņēmējdarbības un inženieru fakultātes ārvalstu studentu 2. un 3. kursa sekmes un attieksmi pret studijām.

3.tabula

2.un 3. kursa studentu vidējās atzīmes izvērtējums (%)

	2019/2020. 2.kurss		2020/2021. 3. kurss		2020/2021. 2.kurss	
	Vidējā atzīme	Studentu skaits	Vidējā atzīme	Studentu skaits	Vidējā atzīme	Studentu skaits
Uzņēmējdarbības SPUV, SPL, bakalauri	6.53	32	6.56	68	-	-
Inženieru GKTE, GTsV, bakalauri	-	-	-	-	6.9	98

No tabulas redzam vidējās sekmes uz grupu un studentu skaitu. Redzam, ka esam atskaitījuši studentus no studijām, jo tika pārkāpti studiju līguma noteikumi. Šajā studiju fāzē beidzas adaptācijas periods. Studentiem rodas arī citas problēmas, kas saistītas ar uzturēšanos Latvijā:

1. Veselības aprūpe,
2. Valodas nezināšana,
3. Ikmēneša izdevumi,
4. Ģimenes trūkums,
5. Kultūras atšķirības

Finansiālie resursi, bez šaubām, ir viens no būtiskiem faktoriem, kas ne vien tiešā veidā ietekmē jebkura studenta ikdienas dzīves kvalitāti, bet bieži ir izšķirošs, ja runa ir par iespējām veltīt laiku un spēkus augstākās izglītības iegūšanai vispār. Ienākumu veidu ir daudz. Dažus novērtēt ir vienkāršāk, citu raksturošana var izrādīties sarežģīts uzdevums. Taču galu galā tie visi saplūst kopā katra studenta nosacītajā makā. Par kādu līdzekļu apjomu iespējams runāt attiecībā uz RAI pilna laika studējošajiem?

Līdzās materiālās labklājības tiešajiem rādītājiem šajā pētījumā, autore lieto subjektīvu vērtējumu. Šī pieeja arī tika izmantota šajā pētījumā. Neformālās sarunās studenti tika lūgti novērtēt, cik lielā mērā viņi studiju gada laikā saskārās ar finansiālām grūtībām. Personisko finansiālo grūtību vērtējuma rezultāti rāda, ka ar finansiālām grūtībām būtiski saskārās 28% studentu no uzņēmējdarbības fakultātes un 15% no inženieru fakultātes. Līdz ar to studenti piestrādāja dažādos darbos, lai kompensētu savus ikmēneša izdevumus, neatkarīgi no tā, vai students mācās cycles un atrodas savā mītnes zemē, vai studē dienas nodaļā, atrodoties Latvijā. Politiskā un ekonomiskā situācija pasliktinājās visā pasaulē, bet par studijām jāmaksā pēc parakstītā studiju līguma noteikumiem. Citādi pēc RAI noteikumiem nebija iespējams nokārtot eksāmenu sesiju.

Ņemot vērā to, ka palielinājies studentu skaits, kuri paralēli mācībām strādā, un to, ka pieaudzis vidējais stundu skaits, ko students velta algotam darbam, šis rezultāts (2. tabulas sekmju vidējā atzīme grupā) nepārsteidz. Hipotēze par to, ka laika samazinājums patstāvīgām studijām ir saistīts ar nodarbinātībai un algotam darbam veltīto stundu skaita pieaugumu, balstās vēl vienā novērojumā — patstāvīgām studijām veltītais laiks samazinājies tieši darbadienās, būtiski nemainoties brīvdienās.

Samazinājās lekciju apmeklējums. Samazinoties lekciju un tiešo kontaktstundu skaitam, ko studenti darba dēļ nevarēja apmeklēt, un vienlaikus palielinoties jauno tehnoloģiju, t.sk.

interneta resursu pieejamībai, augstākās izglītības iegūšanai aizvien lielāks uzsvars tika likts uz studentu patstāvīgo darbu. Ja tāda darba nebija, sapratne un studēt prieks, lai sasniegtu savu mērķi, attālinājās. Students bieži neizprata uzdotās tēmas, jo iedziļināties tajā laika limits bija ierobežots. Šeit varēja vērot abu fakultāšu studentu pieeju studijām no viņu brīvās gribas izpausmēm. To noteica studenta raksturs, viņa vēlmes, risināt savas problēmas lūdzot padomu kā rīkoties tajā vai šajā situācijā. Šeit parādījās docētāju attieksme pret studentu, viņa atvērtība, komunikācija sniedzot konsultācijas studentam. Šeit varēja vērot arī rezultātu vecāku komunikācijai ar savu atvasi RAI studentu.

Jāsaka, ka daudzās situācijās pozitīvi atrisinājās tieši inženieru fakultātes studentu problēmas, bet uzņēmējdarbības fakultātes studentus nācās atskaitīt no RAI studentu saraksta. Tas sastādīja 17% no studējošo ārvalstnieku skaita šajā grupā. Studenti nebija gatavi sastapties ar grūtībām. Samazinoties darba iespējām, jo nezinot arī valodu (to pat nemācoties, lai gan pašvaldība organizē latviešu valodas kursus bez finanšu pielietojuma no studentu puses). Arī RAI ir solījusi pretimnākšanu valodas apmācībā. Taču angļu valodas un latviešu valodas kursu apmeklējums palika bez rezultāta. Studenti nomainot e-pastu un telefona numuru, zaudēja saziņas saikni ar RAI. Rezultātā 2.kurss un 3.kurss ir kā pārbaudes akmens studiju procesā.

Autores pētījumā inženieru fakultātes studentu vidējā atzīme grupā, lai gan ir zema (gandrīz labi), taču stabila, atbilstoša zināšanām.

Autore sava pētījumā **atsevišķi** izvērtējusi arī 2018/2019.ak.g. maģistratūrā iestājušos ārvalstu studentu vidējās atzīmes grupā. Izmantojot to, ka maģistratūras studentiem ir īsāks studiju cikls (divi gadi), pētījumā konstatēts, ka studentiem savas studiju laikā radušās problēmas jārīcina daudz ātrāk, konsekvētāk nekā bakalaura programmas studentiem (garāks studiju laiks). Arī šajā pētījuma sadaļā starp fakultātēm ir lielas atšķirības.

4.tabula

Maģistratūras studentu grupas vidējās atzīmes invertējums (%)

	2018/2019. 1.kurss		2019./2020. 2. kurss		Absolventi un pārējie	
	Vidējā atzīme	Studentu skaits	Vidējā atzīme	Studentu skaits	Absolventu skaits	Atkārtotas studijas, st. skaits
Uzņēmējdarbības SPUV, maģ.	6.99	8	6.73	92	50	50
Inženieru Tsv maģ.	7.3	98	7,4	98	98	-

Avots: autore

Salīdzinājumā ar bakalaura programmas ārvalstu studentu pētījumu, izvērtējot atsevišķi maģistratūras studentu studijas, atklājas arī nozīmīgas atšķirības starp TsV un SPUV maģistratūras studentu studijām. Pētījuma rezultāta nianses būtu jāņem vērā RAI administrācijai, plānojot studijas nākošiem gadiem.

Lekciju noslodze jeb, precīzāk, lekciju un nodarbību apmeklējumam veltītais laiks visredzamāk ir samazinājies maģistrantūras studentu vidū. Tas lielākā mērā ir saistīts ar valdības noteikto likuma normu, ka maģistratūras studenti var strādāt bez ierobežojumiem pie jebkura darba devēja. Arī studiju kursu skaits ir samazināts, salīdzinājumā ar bakalaura programmām.

Lai gan maģistratūras studenti ir vecāki un nopietnāki, taču pastāv vienotas problēmas 2.kursā ar bakalaura programmas studējošiem ārvalstniekiem. Proti: Finansiālais jautājums. Iestājoties RAI, students sedz samaksu par studijām par visu studiju 1.kursu, kā tas paredzēts studiju līgumā. Bet 2.kursā ir finansiālas problēmas, bet studijas ir nopietnākas, salīdzinājumā ar bakalaura programmas studentiem.

Šeit jau parādās nianse. Proti: studenti dibina ģimenes, kur visbiežāk strādā tikai viens ģimenes loceklis, bet otrs tikai līdz noteiktam laikam (visbiežāk tā ir dzīvesbiedre). Tas saistīts gan ar ārvalstnieka studenta kultūras izpausmēm, kas viņa mītnes zemē ir klasiskais. Bet autores pētījumā ir ārvalstnieku studentu ģimenes, kam piedzimst bērni. Līdz ar to iekavējas gan studijas, gan finansiālie jautājumi.

Pētījuma rezultāts niansējas ar to, ka šādas studentu ģimenes paliek uz atkārtotām studijām 2. kursā. Proti: pagarinām studiju laiku. Pozitīvs ir tas, ka studenti strādā un maksā nodokļus, lai pēc bērna piedzimšanas saņemtu pabalstus un veselības aprūpi kā Latvijas pamat iedzīvotājam.

Komentējot 4.tabulas sekmju rezultātus, autore secina:

1. Studenti strādā un aizmirst par studijām, kas ir raksturīgs tieši SPUV maģistratūras studentiem. Pēc neformālām pārrunām, autore pētījumā pārliecinājās, ka šiem studentiem nepieciešams tikai Eiropas nozīmes diploms, ko augsti vērtē viņu mītnes zemē.

2. Atšķirīgs viedoklis ir TsV maģistratūras studentiem. Nopietnāki un apzinās sevī mērķi tieši ar zināšanām to sasniegt. To parāda pētījuma vidējā atzīme.

3. Rezultātā no SPUV maģistratūras tikai 50% (puse) absolvē šo programmu tai paredzētajā laikā. TsV maģistratūras studenti absolvē 86% ārvalstu studenti.

Kopīgie secinājumi, kas izvirzījušies pētījuma laikā:

1. Veicot šo pētījumu, autore ir ieguvusi lielu pieredzi sadarbībā ar ārvalstu studentiem. Autore iepazīna viņu kultūru, viņu dzīvesveidu, kas saistās ar viņu vēlmi studēt RAI. No tā izriet arī viņu problēmu risināšana, kas daudziem studentiem ir saistīta ar viņa ambīcijām.

2. Salīdzinošais vērtējums abu fakultāšu studentiem, dod kopīgus secinājumus. Proti: jau no pirmā kursa katram docētājam jāvērtē viņu studijas taisnīgi un stingri. Daudz laika jāvelta studentam paskaidrojot savu studiju priekšmetu, jo students pirmajā gadā adaptējas jaunajā studiju sistēmā.

3. Administrācijai un akadēmiskam personālam jābūt vienotam savās prasībās par RAI studiju procesa noteikumu izpildi. Šī nianse jāievēro novērtējot studiju organizācijas procesa izpildi gan inženieru fakultātes studentiem, gan uzņēmējdarbības fakultātes studentiem. Izpildot prorektorātā nolemtu, akadēmiskais personāls parāda savu attieksmi pret studentiem un cieņu pret administrāciju. Šo vienotību izjūt ārvalstu studenti un pārņem kā paraugu savā studiju procesā. Tajā arī izaug studentu cieņa pret pasniedzējiem, institūtu. Neveidojas konfliktu situācijas, kur izmanto savas ambīcijas.

4. Pētījumā parādīts, ka inženieru fakultātes studenti ir disciplinētāki, nopietna attieksme pret studiju procesu, neskatoties uz programmas sarežģītību un smagumu. Izpētes laikā, noskaidrots, ka inženieru fakultāti izvēlas studenti, kam vecāki ir augstāko izglītību un pašnodarbināti. Šajos RAI studentos viņi ieaudzinājuši spēju domāt, lai atrisinātu radušās problēmas.

5. Finanšu jautājums pastāv arī inženieru fakultātes studentiem, taču viņi visvairāk nodarbināti pie tiem darba devējiem, kuri labāk apmaksā viņu darbu.

6. Uzņēmējdarbības fakultātes studenti vairumā iestājas RAI, tikai tāpēc, lai iegūtu Eiropas diplomu, ko viņu mītnes zemē vērtē ļoti augstu. Tāpēc arī attieksme pret studijām salīdzinoši ar inženieru fakultātes studentiem, ir nenopietna, pavirša, arī sekmju vērtējumā tas parādās.

7. Autore pētījuma rezultātā par finansēm un to saistību ar studiju procesa izpildi, tika nonākts pie secinājuma, ka samaksa par studijām pirmajā gadā jāveic pilnīgi uzreiz par visu studiju gadu, taču vēlākajosursos var sekmīgiem studentiem, kam nav finanšu un studiju parādu atļaut samaksu veikt pa semestriem. Tas būs „bonuss” sekmīgiem

studentiem un paraugs uz ko tiek ties pārējiem ārvalstu studentiem. Šo soli var paredzēt RAI nosacījumos.

Izmantoto informācijas avotu saraksts

- [1] Izglītības un Zinātnes ministrijas mājas lapa
- [2] PMLP anketas, RAI studiju noteikumi
- [3] RAI studiju daļas pieejamie dokumenti par studentu sekmēm, atskaites par studentu vidējām atzīmēm, RAI datu bāze .
- [4] Formālās un neformālās sarunas ar studentiem

CHOICE IN DECISION MAKING BASED ON SOCIOMETRIC ANALYSIS OF THE GROUP

Konstantin Nechval¹, **Igors Petuhovs**²

¹ Transport and Telecommunication Institute

² Riga Aeronautical Institute

konstan@tsi.lv, ipetuhovs@rai.lv

Abstract

In our days we can see somebody face to face or not see anybody but all relationships anyway transmitted and secured between people and this will be more and more increase even some object already not exists but mention and opinion is residual of his activity.

Keywords: sociometric matrices, rank speed, probability of leadership, making decisions, fluctuation

Introduction

Beyond the conception of humans as essentially social beings, sociometry recognizes and uses the fact that all these connections are perpetually influence on the social choices we make - for example, with whom we eat lunch, whom we marry, who is our chefleader, whom we sit next to in classes, receptions, and other meetings, whom we like and do not like. (Remer, Rory. 2006)

Using both positive and negative choices, the connections between people and the patterns of connections throughout groups are made influenced [1].

Grasping the entire sociometric system is optimal, but popularly sociometry theory is focused on measuring relationships, the purview of longterm relationships and their development and maintenance over time and fluctuation of interpersonal connections over short periods. The key to using sociometry as an assessment (like Heisenberg's principle) most effectively is understanding Moreno's full conceptualization. [1].

Data and methods

The main aim is how to define leadership in some groups and make decision on that case, because social interconnections are so difficult to understand. And in this paper its solutions was developed by the mathematical methods.

Even in reviews of publications, rejection or permission is sometimes accompanied by the authority of a leader or an outsider.

We often encounter in our life with decisions that sometimes do not depend on the accuracy of attributes or real qualities, achievements or accomplished activity.

For example, when grading students, there are always distributions of grades, the bottom indicator or the top indicator is impossible for everyone or just for all groups, this is an element of communication, relations between people, and not systematic work in assessing exact knowledge, for some students in group, for some students, sitting side by side means success, for others it is quite the opposite, a bad result.

The misconception is that sociometry stops with the production of the sociogram from choices expressed related to a specific criterion (e.g., "With whom would you most and least want to sit at a wedding reception?"). This level is what Moreno called "near sociometry". "Strong" sociometry requires two conditions beyond eliciting choices and depicting them:

- (1) The choices must be implemented (e.g., you must sit with whom you have. chosen), and
- (2) the reasons for choosing must be made overt.

The last two conditions present many possibilities and difficulties. Implementing the choices makes them real in the sense that the full impact of a choice is experienced. [1].

Arriving at an optimal implementation is challenging because not everyone can have one of his or her positives, and some must endure a negative - regardless of how many selections are allowed.

Examining choice rationales presents other challenges. People tend to be uncomfortable with the process because, for example, they believe that feelings may be hurt or they are confused by their own ambivalences and lack of awareness of their reasons. Reservations have some validity but usually not nearly to the degree feared. The benefit derives from probing projections attendant - assumptions about the rationales and/or expectations for the choices. [1].

At worst, some perceptions are confirmed, at best and more often, the rationales do not conform to suppositions in informative ways (e.g., you are not chosen by a friend because you see each other frequently and he or she wants to visit with others, or you are chosen by someone because you are seen as the only less talkative person in the group). Negatives are not necessarily "bad," nor are positives necessarily "good." Learning reasons challenges assumptions and/or provides the basis for changing behaviours - a not inconsequential value [1].

In the initial stage, at the start, the relationship between completely strangers and different people is always the same, but fluctuations occur later. The big task would be to determine your choice at the first stage: with whom more fusible and comfortable deal. This allows you to gain time for unnecessary showdowns, disputes and relationships.

For a lot of people in the group obvious priority influence of leaders and outsiders, hidden leaders, poky loners. Average suitable case can defuse or heat up the situation in the group. Most people are accepted to conformable tactics of behavior.

For example, in the stream of cars, some cars are trying to overtake you on the track, others will always lag behind and there will be a car that will always go ahead of you and, in general, set your driving mode.

Also, in life among people of colleagues, someone will always be higher than you, someone will be far from you in the hierarchy of position, and someone will always influence you. He will become your leader during the movement.

You can assess the likelihood of influence, and also understand the conditions of choice when making a decision.

We can assume the qualities of colleagues and compare them with each other. Dominants, for each quality, will be reflected in sociometric matrices.

From the left vertical and from the top horizontally in the sociometric matrix, the numbers of the group members are listed in the same order. We will fill in the table line by line. For example, let's compare the first person with the second, the first one dominates over the second, which means that we write "0.9" in the cell where the first row intersects the second column. Otherwise, we would have entered "0.1".

For example, for eight totally fictitious (invented) respondents, we will compose a matrix of probabilities of dependencies. We can give them our names, but only indicate them as Yuri, Andrey, Igor, Irina, Nikolay, Sergey, Konstantin, Alexander, Michael and further we can denote as letters Yu, An, I, Ir, N, S, K, Al, M.

Thus, we compare each person with each and get a matrix filled with zeros and ones.

The matrix has two features:

- all zeros will be inscribed diagonally (these cells are marked in gray in the table);
- the upper triangle has opposite reflection relative to this diagonal.

Table 1.

Matrix of probabilities of dependencies

	Yu	An	I	Ir	N	S	K	Al	M
Yu	0	0.90	0.95	0.5	0.99	0.99	0.99	0.90	0.99
An	0.1	0	0.1	0.01	0.99	0.5	0.3	0.9	0.1
I	0.05	0.9	0	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7
Ir	0.5	0.99	0.5	0	0.99	0.99	0.9	0.99	0.99
N	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0.2	0.2	0.01	0.1
S	0.01	0.5	0.1	0.01	0.8	0	0.5	0.5	0.2
K	0.01	0.7	0.1	0.1	0.8	0.5	0	0.1	0.1
Al	0.1	0.1	0.5	0.01	0.99	0.5	0.9	0	0.2
M	0.01	0.9	0.3	0.01	0.9	0.8	0.9	0.8	0

To analyze the quality of communication skills, the following principle is used. If the first and second members of the team communicate freely, then at the intersection of the first row and the second column, as well as at the intersection of the second row and the first column, enter "0.5". If they hardly communicate, then instead of "0.5" should be entered near "0". If one of the two people dominates in strong communication, for example, the first, then when crossing the first line and the second column, enter "0.99", and when crossing the second row and the first column, enter "0.01". Therefore, such a matrix will have only one feature - the diagonal of zeros. Each person cannot dominate itself.

Table 2.

Rank matrix

	Yu	An	I	Ir	N	S	K	Al	M
Yu	0.6062	3.5289	1.384	0.6217	5.607	3.735	3.969	3.1759	1.826
An	0.1279	0.8398	0.759	0.154	1.8199	1.076	1.54	0.5198	0.587
I	0.487	2.309	1.1175	0.154	4.000	2.434	2.479	2.459	1.094
Ir	0.3508	3.0249	1.654	0.639	5.308	3.375	3.717	2.977	1.529
N	0.026	0.4399	0.0905	0.078	0.539	0.299	0.310	0.277	0.152
S	0.143	0.6969	0.5045	0.125	1.679	1.179	1.048	0.736	0.369
K	0.158	0.556	0.3395	0.077	1.480	0.838	0.989	1.126	0.448
Al	0.0839	1.6198	0.409	0.407	1.957	1.416	0.9	0.949	0.757
M	0.216	1.4889	0.85	0.324	3.421	1.858	1.948	1.558	0.908

The rank matrix is calculated using the formula

$$N = (M^2)^{-1}, \quad (1)$$

where M is the dominant matrix.

$$N_{SUM} = \begin{bmatrix} \dots & \sum n_i \\ \dots & \sum n_{i+1} \\ \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (2)$$

To find the rank of each challenger, add the elements of each row. Whoever has a higher rank is stronger in this capacity (see table).

Ranks are calculated for each quality and the results are recorded in the rank table (see table). The leader in the team is the candidate with the highest total score.

$$R \rightarrow N = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \end{bmatrix} \text{Average}(R) \quad (3)$$

Outcomes and discussion

As the result we can get following table.

Table 3.

Rank table

Yu	46.1
An	3.2
I	18
Ir	37
N	1.6
S	6.1
K	9.4
Al	1.2
M	0.6

They have a very high rank, figuratively speaking, they move at a high ranked speed, and other members of the group cannot keep up with them. Conversely, too low a rank is a congestion and influence for a group, so it cannot overcome degradation. The best option for controlling the rank speed is a rating close to the average value of 18, this may be from the respondent Igor.

Conclusion

Thus, in conclusion, I would like to note that as a result of the study, it is possible to determine in the future the rank speed of leadership and predict what will happen if the leader is a modest outsider or a leader with a high rank speed. This work of the author is not yet complete, but rather at the beginning of the path, since in sociometrics, as in a complex system, there are many questions.

References

1. Remer, Rory. (2006) Chaos Theory Links to Morenean Theory A Synergistic Relationship. In: *Journal of Group Psychotherapy, Psychodrama, and Sociometry* 59: 55–85.

DIFFRENT AIRCRAFT COMPOSITE MATERIALS USE IN AIRCRAFT CONSTRUCTIONS, MATERIALS MAINTENANCE AND REPAIR

Sintija Zeltiņa¹, Mārtiņš Kleinhofs², Irena Chatys³

¹Riga Technical University, Institute of Aeronautics, Faculty of Mechanical Engineering, Transport and Aeronautics

²Riga Technical University, Institute of Aeronautics, Faculty of Mechanical Engineering, Transport and Aeronautics

³Kielce University of Technology,

Sintijaz181@gmail.com, martins.kleinhofs@rtu.lv , chatys@tu.kielce.pl

Abstract

Composite materials known already many centuries ago. Last 100 years development of science and industrial manufacturing opened ways for more and more use of composite materials. According to so fast manufacturing development, industry meet new advanced problems of repairs and diagnostics of composite material. Biggest companies as Airbus and Boeing and not just only them try to have new solutions for repairs and diagnostics. The study provides information of basic materials used in advanced composite materials and repairs of them.

Keywords – composite materials, components, repair

Introduction

Composite materials already knew civilizations centuries ago, but until nowadays, evaluation and knowledge of science have been grove up, so people whole the world can develop and research new materials. Composite materials was known already many centuries ago but more information and researches stared in 1950s and 1960s, these materials, particularly carbon fiber epoxy, have become increasingly important in aircraft building [1].

Boeing starting from 20.gs.80 use tree main composite materials in the manufacturing process of parts. These are carbon-fibre reinforced plastic (CFRP), Kevlar reinforced plastic, and glass-fibre reinforced plastic (GFRP) materials. It also uses a Kevlar/CFRP hybrid and it save weight almost 800 kg per one section. Like most other manufacturers, Boeing has limited itself to fibre orientation of 0⁰, +- 45⁰ plies to react to shear loads and 90⁰ plies to react to side loads. Strength design requirements are a function of the applied load direction to ply orientation and ply sequence have to be correct.

Each generation of new aircraft developed by Boeing has an increased percentage of composite material, with the highest being 50% in Boeing 787 Dreamliner.

The major structural elements of Boeing's 787 Dreamliner are made of more carbon 'sandwich' composites and advanced carbon laminate, a shift away from archaic fiberglass composites. [2]

The Airbus-350 XWB widebody jetliner is made of more than 50% composites, giving it a 25% reduction in fuel burn versus its aluminium competitors. [3]

Mechanisms and control plates, which can be damaged and deformed during operation, are made of cellular constructions. The work analyzes the damages, the hazards of their construction workability. Possible repair technologies with vacuum process, bonded scarfed repair, conventional bolted repairs.

When detecting damaged elements, a more suitable strength restoration technology should be used for a specific location, and the strength of the damaged element after repair should be calculated using as simple a methodology as possible.

To ensure maintenance, repair and structural renewal materials must be divided in fibers, binders, monolayer blanks, etc. Based on the statistics of faults detected in operation process we can make forecast.

Composite material structure

Composite materials consist of a combination of materials that are mixed together to achieve specific structural properties. The individual materials do not dissolve or merge completely in the composite, but they act together as one. Normally, the components physically identified as they interface with one to another. The properties of the composite material are superior to the properties of the individual materials from which it is constructed.

An advanced composite material is made of a fibrous material embedded in a resin matrix, generally laminated with fibers oriented in alternating directions to give the material strength and stiffness.

Composites materials manufacturing companies Boeing and Airbus use:

- Fairings
- Flight control surfaces
- Landing gear doors
- Leading and trailing edge panels on the wing and stabilizer
- Interior components
- Floor beams and floor boards
- Vertical and horizontal stabilizer primary structure on large aircraft
- Primary wing and fuselage structure on new generation large aircraft
- Turbine engine fan blades
- Propellers

A fiber is the primary load-carrying element of the composite material. The composite material is only strong and stiff in the direction of the fibers. Unidirectional composites have predominant mechanical properties. One direction and can said to be anisotropic, having mechanical or physical properties that vary with direction relative to natural reference axes inherent in the material. Components made from fiber-reinforced composites designed so that the fiber orientation produces optimum mechanical properties, but they can only approach the true isotropic nature of metals, such as aluminum and titanium.

A matrix supports the fibers and bonds them together in the composite material. The matrix transfers any applied loads to the fibers, keeps the fibers in their position and chosen orientation, gives the composite environmental resistance, and determines the maximum service temperature of a composite [4].

Structural properties, such as stiffness, dimensional stability, and strength of a composite laminate, depends on the stacking sequence of the plies. The stacking sequence describes the distribution of ply orientations through the laminate thickness. Number of plies with chosen orientations increases, more stacking sequences.

Proper selection of ply orientation in advanced composite materials is necessary to provide a structurally efficient design. The part might require 0° plies to react to axial loads, $\pm 45^\circ$ plies to react to shear loads, and 90° plies to react to side loads. Because the strength design requirements are a function of the applied load direction, ply orientation and ply sequence have to be correct. It is critical during a repair to replace each damaged ply with a ply of the same material and ply orientation.

The plies of a quasi-isotropic layup are stacked in a 0° , -45° , 45° , and 90° sequence or in a 0° , -60° , and 60° sequence. These types of ply orientation simulate the properties of an isotropic material. Many aerospace composite structures are made of quasi-isotropic material.

Warp Clock indicates the longitudinal fibers of a fabric. The warp is the high strength direction due to the straightness of the fibers. A warp clock is used to describe direction of fibers on a diagram, spec sheet, or manufacturer's sheets [5].

As we know a lot of process who are not correct and punctual performed can cause the damages of the material. Before the repairs, we need to classify the damage and then choose the correct way for the repair of material. Repair, can be made by person who certified to perform repair job. Job place should be clean; also, tools should be certified and clean.

Often used aircraft composite materials

Fiberglass is often used for secondary structure on aircraft, such as fairings, radomes, and wing tips. Fiberglass used for helicopter rotor blades. Fiberglass are called fiber-reinforced polymer, or fiber-reinforced plastic is a composite material made of a polymer matrix reinforced with fibers. The fiberglass has two different groups - Glass fiber reinforced plastic group and Carbon fiber reinforced group.

Glass fiber reinforced plastic group (GFRP) is glass fiber reinforced polymer also known as glass fiber reinforced plastic with synthetic amalgamated fibers of glass. Fibers are made of E-glass and polyester material together. Material can range a tensile strength of 44-2358MPa. Glass fiber made from silica (sand), sodium carbonate and calcium carbonate together with other compounds to give the specific properties required. The materials are heated in a furnace and then extruded directly from the furnace through metal (a platinum, rhodium, alloy) orifices of various diameters to produce filaments. A high-speed winder revolving faster than the exiting molten glass draws them under tension into very fine filaments. [6] GFRP composite material has a relatively low-cost, composite material as compared to carbon and other metal fiber composites. Composite material is in demand for its high strength, lightweight, corrosion resistance quality compressive strength while only weighing a quarter of the weight of steel.

Aramid fibers (Kevlar) are lightweight, strong, and tough. Fibers are strong and used as the filler in ARPCs with a phenolic resin or epoxy resin as a matrix. They are particularly useful where energy has to be absorbed and dissipated, and they are able to resist abrasion.

Two types of Aramid fiber are used in the aviation industry. Kevlar® 49 has a high stiffness and Kevlar® 29 has a low stiffness. [7]

An advantage of aramid fibers is their high resistance to impact damage, so they are often used in areas prone to impact damage. The main disadvantage of aramid fibers is their general weakness in compression and hygroscopic. Service reports have indicated that some parts made from Kevlar® absorb up to 8 percent of their weight in water. Therefore, parts made from aramid fibers need to be protected from the environment. Another disadvantage is that Kevlar® is difficult to drill and cut.

Carbon fibers reinforced plastic group (CFRP) are very stiff and strong, 3 to 10 times stiffer than glass fibers. Carbon fiber is a composite material that has a very high strength-to-weight ratio and consists of carbon fibers embedded in a polymer resin. Carbon fibers are generally made heating filaments of propanonitrile, polyacrylonitrile (PAN) under an atmosphere. Process part will have material oxidized PAN. The oxidized PAN is placed into a furnace with an inert atmosphere of a gas such as argon, which are heated. Process

known as pyrolysis, the heating of a substance in the absence of air. The product, carbon fiber, contains chains of carbon atoms, which are bonded side-to-side (ladder polymers), forming narrow sheets of carbon atoms, one atom thick, known as grapheme. Carbon fiber is gray or black in color and is available as dry fabric and prepared material. [8]

Carbon fibers and the resin may be epoxy or other polymers, such as polyester used for structural aircraft applications, such as floor beams, stabilizers, flight controls, and primary fuselage and wing structure.

Advantages include its high strength and corrosion resistance. Disadvantages include lower conductivity than aluminum. Carbon fibers have a high potential for causing galvanic corrosion when used with metallic fasteners and structures

Honeycomb material provides certain properties and has specific benefits. The most common core material used for aircraft honeycomb structures is aramid paper (Nomex or Korex). Fiberglass use for higher strength applications. All the time there comes innovations to use new materials for reduce new honeycomb types [9].

Composite material inspection ways and repairs. Composite material repairs, made if damage are not more than the Permitted Damage Limits (PDL). If this limit are more than allowed we need to have permit to make repair. In table below, you could see methods of inspections and type of defects. According related defects, we can choose repair technologies, tools and processes.

1. Table

Table of inspection and defects

Method of inspections	Type of defects						
	Delamination	Disbond	Crack	Dent	Water Ingestion	Overheat and Burns	Lightning Strike
Visual							
X-Ray	x	x	x	x	x	x	x
Ultrasonic TTU	x	x	x				
Ultrasonic pulse echo	x				x		
Ultrasonic bondtester	x	x					
Tap test	x	x					
Eddy current			x				
Infrared thermography	x	x			x		

Composite repairs can be performed with repair tool package. Haand tools we can cut material and for that we use as scissors, pizza cutters, and knives. Materials made from Kevlar are more difficult to cut than fiberglass or carbon and tools wear quicker. Squeegee and a

brush are used to impregnate dry fibers with resin for wet layup. Markers, rulers, and circle templates are used to make a repair layout.

Repairs of composite components often performed with a technique known as vacuum bagging. A plastic bag, sealed around the repair area. Air, is then removed from the bag, which allows repair plies drawn, together with no air trapped in between them. Atmospheric pressure bears on the repair and a strong, secure bond created. [10] Several processing materials used for vacuum bagging a part. These materials do not become part of the repair.

Two small cuts made in the bagging material so that the vacuum probe valve can be install. The vacuum bag is not very flexible and plies need to make in the bag if complex shapes are to bag. Sometimes, an envelope type bag is used, but the disadvantage of this method is that the vacuum pressure might crush the part. Reusable bags made from silicon rubber are available that are more flexible. Vacuum repair process include also different ways of test processes and repair process machines, hat can help to ensure quality of performed procedure.

Prepared material is a fabric or tape that impregnated with a resin during the manufacturing process. The resin system is already mixed and is in the B stage cure. Store the prepared material in a freezer below 0 °F to prevent further curing of the resin. The material typically placed on a roll and a backing material placed on one side of the material so that the prepared does not stick together. The prepared material is sticky and adheres to other plies easily during the stack-up process. You must remove the prepared from the freezer and let the material thaw, which might take 8 hours for a full roll. Store the prepared materials in a sealed, moisture proof bag. Do not open these bags until the material completely thawed, to prevent contamination of the material by moisture. [11]

Bonding utilizes procured composite detail parts, and uses a layer of adhesive to bond two procured composite parts. Honeycomb sandwich assemblies commonly use a secondary bonding process to ensure optimal structural performance. Laminates co-cured over honeycomb core may have distorted plies that have dipped into the core cells. As a result, compressive stiffness and strength can be reduced as much as 10 and 20 percent.

A large proportion of current aerospace composite components are light sandwich structures that are susceptible to easily damage. Sandwich structure is a bonded construction and the face sheets are thin, damage to sandwich structure repaired by bonding. A potted repair can repair damage to a sandwich honeycomb structure that is smaller than 0.5 inches. The honeycomb material could be in place or could be remove and filled up with a potting compound to restore some strength. Potted repairs do not restore the full strength of the part. Potting compounds are most often epoxy resins filled with hollow glass, phenolic or plastic micro balloons, cotton, flux, or other materials. The potting compound can use as filler for cosmetic repairs to edges and skin panels. Potting compounds use in sandwich honeycomb panels as hard points for bolts and screws.

Most damage to fiber, reinforced composites is a result of low velocity and sometimes-high velocity impact. In metals the energy dissipated through elastic and plastic deformations, retains a good deal of structural integrity. Whilst in fiber reinforced material the damage is usually more extensive than that seen on the surface.

Researchers have been developing the blended wing concept and NASA are exploring the technology of morphing or shape-changing aircraft, taking inspiration directly from nature.

New repair technologies use 3D scanners and ultrasonic handheld thermal imaging cameras. Advances in micro electromechanical sensors (MEMS) have produced the type of technology needed to embed strain gauges in composites, proactively detecting defects.

Using a soft magnetic circuit with a diameter of only 10 to 60 microns to measure the stress in the carbon fiber. The carbon fiber will have microwares laid between the layers. In the grid. Stresses near the microwares can affect the response of the material to external magnetic fields.

References

1. Arne Hossenbruch, 2002, https://authors.library.caltech.edu/5456/1/hrst.mit.edu/hrs/materials/public/composites/Composites_Overview.htm
2. Boeing, 2008, Aeromagazine: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/AERO_Q406_article4.pdf
3. Amir R. Amir , 2007, Britannica: <https://www.britannica.com/topic/Airbus-Industrie/additional-info#history>
4. Nicolae Craciunoiu, Nicolae Dumitru and Dr. Adrian Sorin Roșca, 2018, <https://www.scientific.net/AMM.880.273>
5. David Kennedy, 2008, <https://sciencing.com/about-4674993-what-process-making-concrete.html>
6. STODT Toekomsttechnik, https://www.machining4.eu/Technology-Sheets/Machining_CFRP_GFRP_Composite_material
7. Chris Woodford, 2020, <https://www.explainthatstuff.com/kevlar.html>
8. Todd Johnson, 2019, ThoughtCo, <https://www.thoughtco.com/understanding-cfrp-composites-820393>
9. Unicomposite, 2020 <https://www.unicomposite.com/fiberglass-honeycomb-panel>
10. oe Carruthers, 2020, <https://coventivecomposites.com/explainers/what-is-vacuum-bagging/>
11. Haufler composites, <https://www.haufler.com/en/32/Carbon-fibre-prepregs.html>

DIGITAL TRANSFORMATION ON AIRLINE’S TOURISM BUSINESS

Rui Quadros^{1,2}, Ana Paula Oliveira¹

¹Instituto Superior de Educação e Ciências de Lisboa (ISEC Lisboa), Portugal

²Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril, Portugal

rui.quadros@iseclisboa.pt; ana.oliveira@iseclisboa.pt

Abstract

The growing advance in information and communication technologies has transformed the business models of distribution channels. As a consequence, the International Air Transport Association (IATA) developed a tool, which translates into a data transmission standard, based on an XML-type communication between airlines and third-party distributors. Recently, new technologies include a wide variety of SoLoMo applications, that is, social networking applications based on mobile devices. More and more airlines prefer to use distribution channels that favor direct contact with the final consumer, and currently they introduce their booking engines on sharing platforms. In this way, they follow the digital transition, boosting the sales spectrum, increasing revenues.

Key words: Business models, Distribution, GDS, OTA, Travelling, Websites

Introduction

Between markets, products and services, lines of communication are established to simplify business. These communicating vessels that link the various players in the tourism business are known as distribution channels. The development of innovations in technological hotel, tourism and air transport services, and innovative business models, have revolutionized the hospitality and tourism industries (Bilgihan & Nejad, 2015). In recent years, we have seen great changes, sometimes highly disruptive and radical, and with a strong impact on company accounts.

Research on innovation services has evolved from a generic perspective to a perspective of differentiating products and services, emphasizing the need for an integrated approach of technological and non-technological aspects (Bilgihan and Nejad, 2015).

According to Thakran and Verma (2013), travel and tourism are described in four eras: Global Distribution System (GDS), Internet, SoLoMo and Hybrid periods. Recently, the trend towards disintermediation was again impacted by new technologies, the Customer Engagement Technology (CET). This innovation includes a wide variety of SoLoMo applications, that is, social networking applications based on mobile devices. The main trends that occurred in 2013, and that the future no longer hides, are the basics of HTML (investing more and more in search engines) and Liquid Sites (on the part of customers the use of various devices for research (Thakran and Verma, 2013).

The growing advance in information and communication technologies (ICT) has transformed the business models of distribution channels: traditional players will continue to disappear, due to technological development (Dieck et al., 2018). In 2015, more than 25% of the global population used a smart phone, demonstrating the growing importance of bookings made in a smartphone environment and the use of social networks. In 2019, with 3.2 billion smartphone users worldwide, and a global population of around 7.7 billion, global penetration of smart phones reached 41.5%.

The purpose of this article is to study the behavior of tourist businesses, in the areas of Air Transport and the Hotel Industry, when they use the Global Distribution System (GDS),

Online Travel Agents (OTA), and Metasearch. Will the GDS disappear? Will OTAs “mix” with metasearch websites? The literature review draws the attention of the various players in the tourism industry, confronting the impacts on tourism businesses.

Methods

The methodology is based on reading articles from leading journals, as well as other non-scientific publications, but equally important at the level of regulatory institutions.

Given the relevance of the theme, which includes the digital transformation to which the tourism sector has been subject, all those who contribute to the evolution of the tourism business are defined as players. These refer to Online Travel Agencies, or OTA, Airlines in different business models, GDS, hotels and price comparison websites (Metasearch).

Travel agencies

The internet and mobile technologies have several tools that allow consumers to browse, analyze and purchase products and services directly from the supplier.

The role of travel agencies, in their role of intermediation, begins to be questionable. According to Kaewkitipong (2010), travel agencies must respond positively to the potential threat of disintermediation, although the power of traditional agencies is decreasing. However, some customers will continue to use the services of travel agents, and this situation is attributed to cultural, demographic and regional differences (Law et al., 2015). From booking agents as the main function, they can start to fulfill only the travel planning and advisory services. Travel agencies have placed even more emphasis on online shoppers, and as competition has increased, the number of online shoppers has grown similarly (Min and Lee, 2020). For OTA to grow, changing the traditional paradigm, it is necessary that they find new ways to increase the confidence and satisfaction of tourists. OTAs provide the same services as a traditional travel agency (Min and Lee, 2020), including accommodation, transportation, guided tours, reservations and related services, but using a digital platform.

The new distribution models are already very dependent on mobile devices, and on all the technology that allows interaction with the end consumer, for example, speech and speech recognition software. Google, a technology multinational, can become a giant of online distribution, thus shaking the sector of online travel agencies (Camilleri, 2018). Google Flights, works as a search engine that retrieves airline fares, and also performs its searches on a large number of OTA (e.g., Expedia or Orbitz). Search engines and mobile applications currently allow, in a very usual way, to compare and buy tourist products, including flights, car rental, cruises, hotel accommodations and other means of transport.

The tourism industry is becoming a reference in e-commerce, having the ability to completely change the current paradigms about the acquisition of services. It is, in fact, a field of remarkable inspiration for the investigation of the phenomenon of tourist distribution (Werthner and Ricci, 2004). Distribution has emerged as one of the most dynamic elements in the tourism industry, the result of information technologies, which have known how to revolutionize communication between companies and consumers. It has become one of the few elements in the marketing mix to contribute to the competitiveness of organizations (Buhalis, 2000).

A number of changes have taken place in distribution channels over the past six years: the emergence of new travel agents has decreased, while new forms of communication and distribution have emerged (online), in particular social networks, online critical sites and mobile applications. increasingly play a very important role in the value chain of hotel services. Creating and maintaining a presence in the electronic market is essential for all companies in the tourism industry. Traditional information channels remain very important

for customers looking for personalized services, and tourist companies must seek to design functional mobile applications in order to compete (reservations) in the online market (Anckar, 2003). Although OTA may offer better price offers, traditional tour operators are able to meet personal desires as it is the only way to stay and become competitive (Dieck et al., 2018). OTAs are a new form of intermediation that allows end customers to have access to information provided by GDS, electronically and at a relatively low cost.

OTA leveraged e-commerce by creating disruption and imposing very innovative practices (O'Connor, 2019). Obviously they represent a risk for offline travel agents, who traditionally act as intermediaries between GDS and final consumers (Granados et al., 2008a). OTA controls almost half of online travel, posing a serious threat to the viability of other similar companies (Martin-Fuentes and Mellinas, 2018). However, maintaining a presence on the web requires a large investment in marketing, mainly because the online market has become dominated by a portfolio of new intermediaries, all of whom are very connected to technology.

The integration of artificial intelligence in real time and the use of big data are totally modifying the business environment on the web (Buhalis and Sinarta, 2019). Several price comparison sites have also emerged, with significant developments in terms of inventory (for the benefit of travel agents and customers who book directly).

Metasearch

In recent decades, there has been a growth in Information and Communication Technologies (ICTs), and the impact they have had on the tourism industry and on the behavior of travelers. Advances in technology, for example ‘shopbots’, create disruption, and have shaken industry structures. These occupy a very relevant place in the emerging role of ‘metasearch’ agents, who work in online travel, and in the vulnerability of industry intermediaries (Granados et al., 2008a). The 'shopbot' technology is software that automatically searches the internet space, searches for specific products, compares prices, searches for the lowest prices, and often offers opinions to customers, for example, on their quality.

The search engines of the type "metasearch" date from 1999, when the companies SideStep and FareChase were launched as search engines and whose objective was to aggregate prices of different OTA. Metasearch is a search tool where the user makes a query through the metabusca mechanism, and this forwards the request to several search engines (Mikaelsson and Mikkelsen, 2018), and on websites that do multiple searches among themselves.

The differences between OTA and metabusca sites lie in the various mechanisms for operational revenue management. OTAs collect customer information (for example, travel destination, number of flights, selection of schedules, number of travelers); this information is subordinated to a computerized reservation system (CRS) that searches for relevant flights, and that matches the search criteria. Through the CRS, the agencies receive the requested information and provide the customer with the travel itinerary. If the customer buys a ticket, the travel agency (OTA) processes the reservation together with the CRS, and receives a commission from the company in return. Unlike OTAs, travel metasearch sites operate by gathering data simultaneously, and online travel agency sites (including OTAs) (Park and Gretzel, 2008) using their (OTA) inventory and presenting the results of search on a single screen. Metasearch sites do not provide the full range of travel possibilities and content, typically found on OTA sites.

Airlines

In the 1950s, some airlines and hotels started using reservation systems integrated in software, with the aim of automating reservation systems. This systematization served the hotel industry, air transport and car rental companies. The airlines, in a clear improvement of their distribution strategies, installed the software in the terminals of their intermediaries (travel agents). American Airlines 'Saber and United Airlines' Apollo are two examples of this practice.

In the United States of America, in 1976, United Airlines already installed its own CRS - Apollo in travel agencies. Four years later, European airlines are starting to invest in their CRS. In 1987, a consortium led by Air France and Lufthansa developed Amadeus, having been launched in 1992. Delta, Northwest Airlines and TWA (1990) formed Worldspan, and in 1993 British Airways, KLM and United Airlines launched Galileo International, an Apollo-based GDS.

The main customers of the GDS are travel agents, who are able to make reservations in real time, allowing them to secure flights, hotels, rental cars, etc. GDS have also been threatened by new business-to-business, easier to do because of the internet. The lack of vision on the part of the GDS, very high costs and the recurrent inefficiency, resulted in the reduction of their margins due to the increase in competition and the loss of customers (Granados et al., 2008a). The diminished quality of the GDS in the functionalities of electronic distribution has led to the disinheritance of many customers, opening the door to OTA, and these, to other players.

In the spectrum of digital transformation, which has been taking place, airlines sell their services (places and additional services) through their own websites, and also through OTA platforms, such as Expedia and Travelocity (Koo et al., 2011). Despite the fact that this distribution is associated with lower costs, selling through OTA allows to increase customers, therefore, it is more likely that today there will be increases in revenue. While most passenger carriers have taken a multichannel approach to selling airline tickets through OTA platforms and their websites, some companies (Southwest Airlines, easyJet and Ryanair) sell only through a single channel (the own) (Koo et al., 2011).

New technologies lead to a distance between OTA and GDS, due to the electronic result of the markets, but also, due to the effects of the meta search mechanisms that accelerate this phenomenon of separation (Granados et al., 2008b). OTAs and GDSs are likely to create innovations to compete and invest in new brokering strategies. For example, GDS Amadeus, which invested 300 million euros in 2001 to renew its distribution platform, reduced its contracting prices with the airlines, its main customer, and developed interface features, not forgetting target mechanisms search.

As time progresses, the tourism industry has been focusing on direct distribution channels, whether retailers or end consumers (Camilleri, 2018), leading to less dependence on GDS. As a consequence, the International Air Transport Association (IATA) announced its new tool - New Distribution Capability (NDC) -, which translates into a data transmission standard, based on an XML-type communication, between airlines and third-party distributors (Bingemer, 2018). The IATA NDC allows the sale of auxiliary products (luggage, meals, special places, etc.), allowing airlines to increase their revenues, avoiding GDS surcharges.

More and more, hotels and airlines use their websites for the direct sale of their services, always relying more often on the use of available digital media. Airline distribution charges, which are the cost of sales, have increased more rapidly than other expenses (in the past decade), especially when commissions and incentives are paid to travel agents (Morrell, 1998).

Some studies assure that more and more consumers are willing to book products electronically (hotels, restaurants and airline tickets) due to their relevance. On the other hand, consumers can thus gather information on price, level and quality of service, in a more agile and correct way to make decisions.

For air transport, OTAs amplify the channels for purchasing tickets, expanding the purchasing potential of passengers, but at a cost materialized in a commission. OTAs can offer airlines a broader consumer base than if they were only sold through their official website (Cui, 2019). It is easy to see that airlines need several distribution channels to increase the sales spectrum and improve the return on tariffs. The internet helped the performance of low cost companies, since most of the GDS did not integrate the inventory of Low Cost companies.

Hotels

The ability to selectively manage a multitude of channels, instead of trying to eliminate them, is the new focus of hotel managers (Christodoulidou et al., 2007). The internet is a stimulus for hotel marketers and an opportunity for customers to book directly through their websites (Connolly et al., 1998), requesting all types of services.

Through customer orders, and in the various forms of technological access, the hotel industries organize databases for customer management (CRM - Customer Relationship Management), personalizing and improving guest experiences, using order histories and consumption models (Bilgihan and Nejad, 2015). Also, hotel revenue managers need to be able to choose between the various distribution channels available, taking into account the various consolidators.

One of the challenges is the choice of possible distribution channels, in order of importance and the number of rooms available for sale (O'Connor and Frew, 2004). Price disparities can exist between hotel websites and certain OTA, even when referring to the same accommodations. There may be disparities in prices, and it is necessary to verify the amounts using the websites of these hotels as well as the verification in the main OTA (Gazzoli et al., 2008).

According to a study by Anderson (2009) on hotel choices on OTA search engines, when hotel names were listed on Expedia, there was an increase in reservations at the hotels' own distribution channels (not through the Expedia). It is quite possible for the customer to obtain information through Expedia (OTA), but then, book your room through the website of your preferred hotel.

Social networks

Social networks are a group of applications based on the internet that allow the creation and exchange of content generated by users (Kaplan and Haenlein, 2010). There are several ways, for example, evaluation applications (Tripadvisor), microblogs (Linkedin and Twitter), news applications, sharing (Youtube), shopping sites (Amazon), sharing platforms (UBER and Airbnb), etc. All applications encourage sharing and discussion.

According to Leung et al. (2013), in the areas of tourism and hospitality, users use social networks during the research and planning of their travels. Hotels try to keep up with the market's adoption of social networks, however, the hotel industry has not yet explored the full potential of social networks (Noone et al., 2011).

Final considerations

The number of technology users associated with the purchase of tourism products and services is notoriously increasing, since intermediation increases costs, both for the end

customer and for the supplier. For this reason, contact at the time of sale must be direct 'expelling' intermediation (travel agencies) from the circuit. Thus, in an attempt to minimize the distance from the end customer by outsourcing the transaction, travel agencies had to reoccupy their space on the circuit, adapting to new business models driven by the internet. There was, therefore, a transformation from traditional business to online transactions, materialized through OTA.

Competition has also become more fierce, due to continued attempts to bypass travel agents, but also among OTA themselves. Among these, there is unrestrained competition because, due to the effect of the internet, the number of transactions is very high and extremely fast.

The 'link' between travel agents operating in the electronic market moves towards new intermediation models, whether through a reservation, but also through price comparison mechanisms. In this context, aggregating companies emerge, with technology that allows them to become true price comparison machines between OTA, GDS, hotels, car rental companies and airlines.

GDS, due to its weak internet connection and its exacerbated costs, also lost in connection with airline inventories. Increasingly, carriers prefer direct contact, always showing greater preference for all channels that favor direct contact with the final consumer. Here too, aggregators, via their metasearch-type sites, play a strong card against the GDS, but in favor of the airlines. However, there are some exceptions, such as Southwest, which always prefers its direct relationship with the customer.

The 'metasearchers' put disruption in the market, interrupt circuits, select customer targets through studied algorithms, and increasingly encourage the use of mobile applications in increasingly virtualized spaces, for example social networks. On these, and after some abandonment, hotels and Airlines begin to introduce their booking engines on these sharing platforms, with the dual intention of informing and booking services.

About the hotels and their chains, we see the idea that partnerships with the main OTA (eg, Expedia) can have a very interesting payback, especially in the distribution and promotion of services including the intention to divert sales to the websites hotel chains.

References

1. Ankar B. (2003). Consumer intentions in terms of electronic travel distribution: Implications for future market structures. *E-Service*, 2(2), pp. 68-86.
2. Anderson C. (2009). The billboard effect: Online travel agent impact on non-OTA reservation volume. *Cornell Hospitality Report*, 9, pp. 1-12.
3. Bilgihan A. and Nejad M. (2015). Innovation in hospitality and tourism industries. *Journal of hospitality and Tourism Technology*, 6(3). <https://doi.org/10.1108/JHTT-08-2015-0033>
4. Bingemer S. (2018). Back to the future with IATA NDC? Critical turning points in the history of airline distribution. *Journal of Tourism Futures*, 4(3), pp. 205-217. <https://doi.org/10.1108/JTF-05-2018-0032>
5. Buhalis D. and Sinarta Y. (2019). Real-time co-creation and nowness service: Lessons from tourism and hospitality. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 36(5), pp. 563-582. <https://doi.org/10.1080/10548408.2019.1592059>
6. Camilleri M.A. (2018). *Travel Marketing, Tourism Economics and the Airline Product: An Introduction to Theory and Practice*. Springer International Publishing. 204 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49849-2>
7. Christodoulidou N., Brewer P., Feinstein A.H. and Bai B. (2007). Electronic channels of distribution: Challenges and solutions for hotel operators. *Hospitality Review*, 25(2), 8 p.

8. Connolly D.J., Olsen M.D. and Moore R.G. (1998). The Internet as a distribution channel. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 39(4), pp. 42-54.
9. Cui Q. (2019). The online pricing strategy of low-cost carriers when carbon tax and competition are considered. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 121, pp. 420-432. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.02.002>
10. Dieck M.C.T., Fountoulaki P. and Jung T.H. (2018). Tourism distribution channels in European island destinations. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 30(1), pp. 326-342. DOI:10.1108/IJCHM-12-2016-0649
11. Gazzoli G., Kim, W.G. and Palakurthi R. (2008). Online distribution strategies and competition: Are the global hotel companies getting it right? *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 20(4), pp. 375-387.
12. Granados N.F., Kauffman R.J., King B. (2008a). The emerging role of vertical search engines in travel distribution: A newly-vulnerable electronic markets perspective. *Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2008)*, pp. 389-389.
13. Granados N.F., Kauffman R.J. and King B. (2008b). How Has Electronic Travel Distribution Been Transformed? A Test of the Theory of Newly Vulnerable Markets. *Journal of Management Information Systems*, 25(2), pp. 73-96. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222250204>
- 14). Kaewkitipong L. (2010). Disintermediation in the Tourism Industry: Theory vs. Practice. In: Nelson M.L., Shaw M.J., Strader T.J. (eds) *Sustainable e-Business Management*. AMCIS 2010. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 58. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15141-5_13
15. Kaplan A. and Haenlein M. (2010). Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media. *Business Horizons*, 53, pp. 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.09.003>
16. Koo B., Mantin B. and O'Connor P. (2011). Online distribution of airline tickets: Should airlines adopt a single or a multi-channel approach? *Tourism Management*, 32(1), pp. 69-74.
17. Law R., Leung R., Lo A., Leung D. and Fong L.H.N. (2015). Distribution channel in hospitality and tourism. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 27(3), pp. 431-452. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-11-2013-0498>
18. Leung D., Law R., Van Hoof H. and Buhalis D. (2013). Social media in tourism and hospitality: A literature review. *Journal of travel & tourism marketing*, 30(1-2), pp. 3-22.
19. Martin-Fuentes E. and Mellinas J.P. (2018). Hotels that most rely on Booking.com – online travel agencies (OTAs) and hotel distribution channels. *Tourism Review*, 73(4), 465-479. <https://doi.org/10.1108/TR-12-2017-0201>
20. Mikaelsson A. and Mikkelsen G. (2018). The Metasearch Road to Purchase: An investigation of the Touchpoints on Metasearch Engines in the Travel Distribution Industry. MSc Thesis, Master Programme in Business and Management, Uppsala University, 67 p.
21. Min S.-R. and Lee S.-M. (2020). A Study on the Behavior of the User according to the Distribution Development of Online Travel Agency. *The Journal of Distribution Science*, 18(6), pp. 25-35.
22. Morrell P.S. (1998). Airline sales and distribution channels: The impact of new technology. *Tourism Economics*, 4(1), pp. 5-19.
23. Noone B.M., McGuire K.A. and Rohlfs K.V. (2011). Social media meets hotel revenue management: Opportunities, issues and unanswered questions. *Journal of Revenue & Pricing Management*, 10(4), pp. 293-305. <https://doi.org/10.1057/rpm.2011.12>

24. O’Connor P. and Frew A.J. (2004). An evaluation methodology for hotel electronic channels of distribution. *International Journal of Hospitality Management*, 23(2), pp. 179-199. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2003.10.002>
25. Park Y. and Gretzel U. (2008). Sidestep: travel meta-search engine. In R. Egger and D. Buhalis (Eds.), *eTourism Case Studies: Management and Marketing Issues in eTourism*. Burlington, MA: Butterworth-Heinemann, pp. 137-144.
26. Thakran K. and Verma R. (2013). The emergence of hybrid online distribution channels in travel, tourism and hospitality. *Cornell Hospitality Quarterly*, 54(3), pp. 240-247.
27. Werthner H. and Ricci F. (2004). E-commerce and tourism. *Communications of the ACM*, 47(12), pp. 101-105. <https://doi.org/10.1145/1035134.1035141>

FEATURES OF DEVELOPMENT OF THE MARKET OF AIRLINES - LOWCOSTERS AT THE PRESENT STAGE

Konstantīns Savenkovs¹, Malgorzata Sztorc²

¹Riga Aeronautical Institute

²Kielce University of Technology, Poland,

k.savenkovs@rai.lv, msztorc@tu.kielce.pl

Abstract

This study is devoted to the study of the processes and prospects for the development of entrepreneurship in civil aviation of airlines - low-cost airlines, in order to find ways to improve the management system for this development. The work examines the problems that hinder the development of world and Latvian entrepreneurship in civil aviation, highlights the prospects and directions for improving the development of low-cost airlines in civil aviation and the process of managing them. Methods of systemic and economic analysis are used as research tools. Analysis period - before the COVID-19 pandemic.

In the course of the study, the historical stages of the formation of low-cost airlines were considered, 10 main methods of cost reduction were identified, which are the basis for Low-cost carrier business model practices. The problems that hinder the development of entrepreneurship are identified and promising directions of development in civil aviation of low-cost airlines in Latvia are identified.

Keywords: market development, business aviation, low-coster airlines, competitiveness

Introduction

The collapse of the unified air transport system of the former Soviet Union led to the elimination of the monopoly on air transport, which manifested itself in the creation of independent airlines. After independence, as well as the accession of Latvia to the European Union in 2004, a new type of airlines specializing in business transportation has appeared on the market.

According to the documents of the European Business Aviation Association, business aviation is the aviation sector related to aircraft operated or used by companies for the transport of passengers and luggage, and as an additional tool for a company's business.

It can be argued that the problem of the formation of the world business aviation market in modern conditions belongs to fundamental research and is associated both with the determination of the directions for the development of business aviation, and the formation of relationships between all subjects of this market. Therefore, the study, generalization and substantiation of methodological approaches to the problem of the formation of the world market of business aviation in the context of globalization are relevant and can be put forward as a priority task.

Business aviation companies are making a significant contribution to the integration of Latvia into the world market. In the context of expanding international cooperation, the development of business contacts becomes an integral part of a successful business, which is possible only with personal communication between partners. The need for individual air travel contributes to the development of the global business aviation market, where the main emphasis is placed on meeting individual requirements for providing fast, safe and comfortable transport services, combined with low prices and the provision of a whole range of related services.

There has never been such intense competition in the global air transportation market as it is today. This market was changed by airlines - low-cost airlines.

Main part

The indisputable drivers in the process of increasing the level of air transport accessibility of the population in the world are low-cost airlines, the so-called LCC - Low-Cost airline. There are several types of definitions of low-cost airlines: Low-Fare, No-Frills, Discount Airline, and actually combining all of the above - Low-Cost Company (LCC) and how an even tougher version of the Ultra Low Cost Company (ULCC). Despite all the variety of interpretations, the unifying platform for all of the above-listed variations of low-cost carriers is the unified principle of the airline's own low-cost (Low-Cost), optimization and reduction of its own costs, and, as a derivative of this, offering the consumer air travel at an attractive cost.

A **low-cost carrier** or **low-cost airline** (occasionally referred to as *no-frills*, *budget* or *discount carrier*, and abbreviated as *LCC*) is an airline that is operated with an especially high emphasis on minimizing operating costs and without some of the traditional services and amenities provided in the fare, resulting in lower fares and fewer comforts. To make up for revenue lost in decreased ticket prices, the airline may charge extra fees – such as for carry-on baggage.

The term originated within the airline industry referring to airlines with a lower operating cost structure than their competitors. While the term is often applied to any carrier with low ticket prices and limited services, regardless of their operating models, low-cost carriers should not be confused with regional airlines that operate short flights without service, or with full-service airlines offering some reduced fares.

While tour and package operators have offered lower-priced, lower-frilled traveling for a large part of modern airline history, not until during the post – Vietnam War era did this business model escalate. Through various ticket consolidators, charter airlines, and innovators in lower-frills flying, such as Channel Airways and Court Line, the traveling public had been conditioned to want to travel to new and increasingly further away and exotic locations on vacation, rather than short-haul trips to nearby beach resorts. The world's first low-cost airline was Pacific Southwest Airlines, which started intrastate flights connecting Southern and Northern California on 6 May 1949. PSA's light-hearted atmosphere and efficient operations were a runaway success early on, and inspired a number of low-cost start-ups across the United States, beginning in the mid-60s. Herb Kelleher studied the success of PSA, and copied their culture closely when he established Southwest Airlines in 1971.

The first airline to offer cheaper transatlantic fares was Icelandic airline Loftleiðir in 1964, often referred to as "the Hippie Airline". Many young Americans travelled to Europe after graduation, to experience the "old-world culture", and they were more concerned with getting there cheaply than comfortably or even exactly on time. Loftleiðir were not famous for speed or punctuality, but flying with the company became a sort of rite of passage for those young "hippies", one of whom was Bill Clinton, later US President [1]

Since then, the air transportation market has changed irrevocably. To survive, airlines must regularly optimize their costs and logistics solutions. Those who don't, disappear from the market or are subsidized in some way.

By 2017, low-cost carriers had achieved market share of 57.2% in South Asia and 52.6% in Southeast Asia. Market share remained somewhat lower in Europe at 37.9% and North America at 32.7% [2].

For the European Commission, the LCCs market share (44.8%) exceeded legacy carriers (42.4%) in 2012: between 2002 and 2017, LCC share of international seat capacity rose from 23% to 57% in the UK, from 10% to 55% in Italy and from 9% to 56% in Spain but

have still room for growth in domestic seat-capacity In France with 19% and in Germany with 25% in 2017, compared with 66% in the UK, 48% in Spain and 47% in Italy [3].

By early 2019, there were more than 100 LCCs operating 6,000 aircraft, doubled from 2,900 aircraft at the end of 2009, while seat capacity reached nearly 1.7 billion in 2018. LCCs accounted for 33% of intra-regional seat capacity in 2018 with 1.564 billion, up from 25% in 2008 with 753 million, and 13% of seat capacity between regions with 101 million, up from 6% in 2009 with 26 million. In 2018, penetration rate was 41% of seats within Europe, 36% within Latin America, 32% within North America, 29% within Asia Pacific, 17% within the Middle East and 12% within Africa [4].

Low-cost carrier business model practices vary widely. Some practices are more common in certain regions, while others are generally universal. The common theme among all low-cost carriers is the reduction of cost and reduced overall fares compared to legacy carriers (Traditional airlines have also reduced their cost using several of these practices).

General methods:

1. Aircraft. Most low-cost carriers operate aircraft configured with a single passenger class, and most operate just a single aircraft type, so cabin and ground crew will only have to be trained to work on one type of aircraft, however some low-cost carriers choose to operate more than one type and configure their aircraft with more than one passenger class. This is also beneficial from a maintenance standpoint as spare parts and mechanics will only be dedicated to one type of aircraft [5]. These airlines tend to operate short-haul flights that suit the range of narrow-body (single aisle) planes. As of lately however there is also a rise in demand for long range low-cost flights and the availability of next generation planes that make long haul routes more feasible for LCCs [6].

In the past, low-cost carriers tended to operate older aircraft purchased second-hand, such as the McDonnell Douglas DC-9 and older models of the Boeing 737. Since 2000, fleets generally consist of the newest aircraft, commonly the Airbus A320 family and Boeing 737. Although buying new aircraft is usually more expensive than second-hand, new planes are cheaper to operate in the long run since they are extremely efficient in terms of fuel, training, maintenance, and crew costs per passenger.

In 2013, ch-aviation published a study about the fleet strategy of low-cost carriers. They summarized that major LCCs that order aircraft in large numbers get large discounts for doing so, and due to this they can sell their aircraft just a few years after delivery at a price high enough to keep their operating costs relatively low. Of course, the strategies of negotiating discounts for large orders and reselling planes are also available to higher-cost carriers as well [7].

Aircraft often operate with a minimum set of optional equipment, further reducing costs of acquisition and maintenance, as well as keeping the weight of the aircraft lower and thus saving fuel. Ryanair seats do not recline and do not have rear pockets, to reduce cleaning and maintenance costs. Others have no window shades. Pilot conveniences, such as ACARS, may be excluded. Often, no in-flight entertainment systems are made available, though many US low-cost carriers do offer satellite television or radio in-flight. It is also becoming a popular approach to install LCD monitors onto the aircraft and broadcast advertisements on them, coupled with the traditional route–altitude–speed information. Most do not offer reserved seating, hoping to encourage passengers to board early and quickly, thus decreasing turnaround times. Some allow priority boarding for an extra fee instead of reserved seating, and some allow reserving a seat in an emergency exit row (for longer leg room) at an extra cost [8].

2. Bases. Like the major carriers, many low-cost carriers develop one or more bases to maximize destination coverage and defend their market. Many do not operate traditional hubs, but rather focus cities [9].

3. Simplicity. Airlines often offer a simpler fare scheme, such as charging one-way tickets half that of round-trips. Typically fares increase as the plane fills up, which rewards early reservations. In Europe (and early in Southwest's history) luggage is not transferred from one flight to another, even if both flights are with the same airline. This saves costs and is thought to encourage passengers to take direct flights. Tickets are not sold with transfers, so the airline can avoid responsibility for passengers' connections in the event of a delay. Low-cost carriers often have a sparse schedule with one flight per day and route, so it would be hard to find an alternative for a missed connection. Modern US-based low-cost carriers generally transfer baggage for continuing flights, as well as transferring baggage to other airlines. Many airlines opt to have passengers board via stairs, since jetways generally cost more to lease [10].

4. Non-flight revenue. Low-cost carriers generate ancillary revenue from a variety of activities, such as à la carte features and commission-based products. Some airlines may charge a fee for a pillow or blanket or for carry-on baggage. In Europe, it is common for each and every convenience and service to have an additional charge. AirAsia, for example, generates revenue by courier services and hotels as well as flights [11].

5. Limit personnel costs. Low-cost carriers intend to be low-cost, so in many cases employees work multiple roles. At some airlines flight attendants also work as gate agents or assume other roles, thereby limiting personnel costs. Southwest Airlines is well known for using fuel hedging programs to reduce its overall fuel costs. Check-in at the gate of luggage requires fees, as it requires addition to the weight calculation and last-minute baggage handling.

Online check-in is becoming common, again in the interest of avoiding personnel costs. Where permissible, some airlines have a disinclination to handle Special Service passengers, for instance by placing a higher age limit on unaccompanied minors than full-service carriers [12].

Often these airlines don't offer connecting tickets, since the airline will have to pay for ground crew to transfer luggage. A customer may create a connection manually by purchasing two separate tickets, but these are considered separate contracts, and the passenger bears the risk if a delayed inbound flight causes a missed connection [13].

Carriers like Ryanair hire pilots through third-party agencies based in low-tax countries without benefits for sick pay, pensions or health insurance. Traditional carriers have also started to try this, including starting their own low-tax agencies. These agencies can easily find less experienced co-pilots and cabin crew, as the profession is popular, but there are problems for low-cost carriers to recruit and keep captains who have to be experienced [14].

6. Principles of operation. At IATA, a LCC operation is defined as including the following characteristics, at least to some degree:

- Primarily point-to-point operations,
- Short-haul routes, often between regional or secondary airports,
- Strong focus on price-sensitive traffic, mostly leisure passengers,
- Typically, a single service class, with no (or limited) customer loyalty programmes,
- Limited passenger services, with additional charges for some services (e.g., on-board catering),
- Low average fares, with a strong focus on price competition,
- Different fares offered, related to aircraft load factors and length of time before departure,

- A very high proportion of bookings made through the Internet,
- High aircraft utilisation rates, with short turnaround between operations,
- A fleet of just one or two aircraft types,
- Private-sector companies,
- A simple management and overhead structure with a lean strategic decision-making process,

While low-cost airlines differ in service offerings, by definition they feature most of the following:

- Standardized fleet (lower training, maintenance costs; purchasing aircraft in bulk),
- Absent non-essential features (reclining seats, frequent flyer schemes),
- Use of secondary airports for lower landing fees and marketing support,
- Avoidance of airports with high costs,
- Rapid turnaround (less time on the ground, more flights per day),
- Fly also less convenient times of the day, which price sensitive tourists accept (while business travellers want to fly at times suiting their schedule),
- Online ticket sales to avoid the cost of call centres or agents,
- Online check-in (fewer check-in desks), charge for desk check-in,
- Baggage charges for checked bags to offset baggage handling and loading costs,
- Passenger loading via stairs rather than jetways,
- Use staff for multiple jobs (cabin crew also check tickets at the gate, clean aircraft),
- Hedge fuel costs (buying fuel in advance when cheaper),
- Charge for all services (including on-board services, reserved seating, and extra baggage),
- Do not use reserved seating (which slows down boarding), or charge extra for reserved seating or early boarding,
- Fly point-to-point (passenger transfers to other flights are not accommodated, no compensation for missed connections),
- Carry little extra fuel (reducing aircraft weight),
- Outfit plane with cost-cutting modifications, such as winglets,
- Route planning before aircraft arrives at airport (saving time on the ground),
- Market destination services such as hotels and rental cars for commissions [15].

7. Innovative practices. Some airlines resort to very innovative practices. Many airlines these days’ work with aircraft manufacturers, but airlines such as AirAsia goes a step further, working with airports to develop specially designed low-cost terminals that require far less overhead. Lower costs are passed on to the airline, and in turn to the customer. Ryanair generally make the airports accept their boarding passes which passengers print themselves, although at some airports (where Ryanair is not dominating) passengers have to replace it with a normal boarding pass from the airport. Other practices that reduce expenses are the use of UAVs for aircraft checkups, tablet PCs instead of logs on paper (reduces airplane weight), and smartglasses for the pilot [16].

8. Differentiation. Not every low-cost carrier implements all of the above points. For example, some try to differentiate themselves with allocated seating, while others operate more than one aircraft type, still others have relatively high operating costs but lower fares. JetBlue, for instance, has in-flight entertainment in every passenger seat. Other airlines are limited on what points they can implement based on local laws. For example, Ryanair cannot remove window blinds from its aircraft, as they are required by the Irish Aviation Authority. As supply increases, this sort of differentiation by brand is an important criterion for the future success of low-cost carriers, since many experts believe price competition alone is not enough, given the number of carriers [17].

9. Ultra low-cost carrier. A secondary term "ultra low-cost carrier" (ULCC) has been used to differentiate some low-cost airlines whose model deviates further from that of a standard low-cost carrier, with ultra low-cost carriers having minimal inclusions in the fare and a greater number of add-on fees [18].

10. Pricing policy. The pricing policy of the low-cost carriers is usually very dynamic, with discounts and tickets in promotion. Like other carriers, even if the advertised price may be very low, it often does not include charges and taxes. With some airlines, some flights are advertised as free (plus applicable taxes, fees and charges). Depending on the airline, perhaps as many (or as few) as ten percent of the seats on any flight are offered at the lowest price and are the first to sell. The prices steadily rise thereafter to a point where they can be comparable or more expensive than a flight on a full-service carrier.

Having looked at the top 10 cost-cutting methods that are embedded in the practice of a low-cost carrier business model, it becomes interesting why discounter airlines are failing and what is the current situation in the industry.

There has never been such intense competition in the global air transportation market as it is today. Low-cost airlines were the first to change this market in the 80s - the most famous now in Europe are Ryanair, EasyJet, Wizzair and Norwegian (See Fig. 1.).

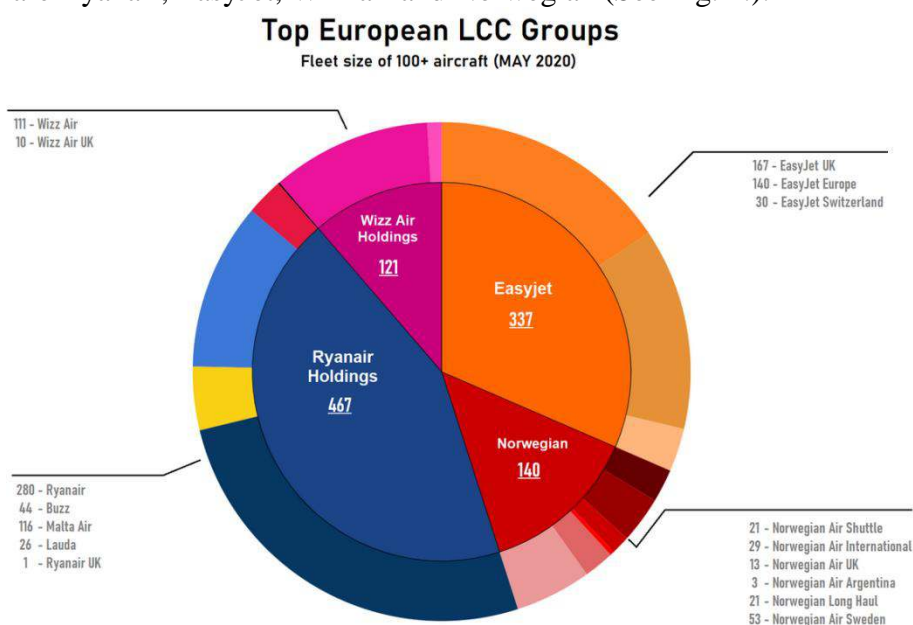
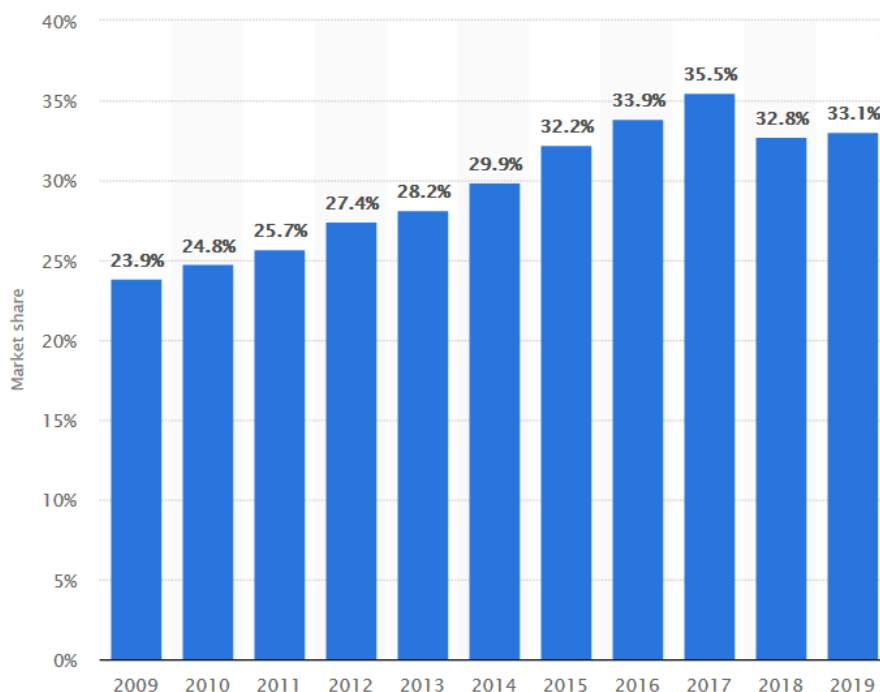


Figure 1. Top European low-cost carrier holding companies and their current fleet size (Source: "LCCs: global market share gains led by emerging markets". CAPA – Centre for Aviation. 19 Feb 2019.)

In the US market, the model of this business was presented back in 1973 by Southwest Airlines. Since then, the air transportation market has changed irrevocably. In order to survive, the analysis showed, airlines regularly optimize their costs and logistics solutions. And those who don't, disappear from the market or are subsidized in some way.

The airline industry is currently experiencing the longest growth cycle, fueled by low fuel prices for some time.



(Source: <https://www.statista.com/statistics/1117218/low-cost-carrier-market-share-europe/>)

Figure 2. Market share of low-cost carriers in Europe from 2009 to 2019

Since 2009, the transportation market has been growing (except for the situation with COVID-19 in 2020), and tariffs for almost all air carriers are relatively similar and low. Modern technologies allow passengers to choose the cheapest and optimal solution without intermediaries. Since the market for low-cost airlines at regional airports is already saturated, low-cost carriers began to compete on primary (HUB) routes, where it is no longer possible to survive on one discounter model, but full-service companies are forced to adapt to competitive conditions.

In 2018, after a massive expansion and launch of transatlantic flights, the Icelandic airline Primera Air, which is also based in Latvia, went bankrupt unexpectedly, as well as well-known low-cost airlines such as Air Berlin and Monarch Airlines. The failures of these companies are due to the inability to refinance negative cash flow in the short term. These companies were involved in risky transport projects aircraft deliveries were delayed or they could not compete with other market players. In any case, the aviation industry is growing steadily, but this business is fraught with high risk and relatively low profitability, which makes it difficult to raise capital for regular fleet modernization, and this directly affects cost efficiency.

Conclusion

The appearance on the market of Low-Cost Carrier is due to the fact that this method of transportation is the best option for a person with an average income. It is thanks to the ultra-low price that such flights are gaining more and more popularity all over the world. For

people with a rational approach to organizing a trip, this way of travel has no analogues. The ease of buying cheap tickets online plays a role.

Today, low-cost airlines act as a vector for the dynamic development of the world air transportation market. Thus, according to the International Air Transport Association (IATA), the passenger traffic of low-cost carriers (LCC) in the world in 2018 increased by 13.4% with the overall industry dynamics of 6.9%. They accounted for 21% of the market (for example, in 2004 - 11%). The European and North American LCC markets, which are currently the most developed, are close to saturation.

After analyzing the features of the business models of low-cost companies, one can single out the main elements that distinguish them from network carriers, these are: the use of a typical fleet of aircraft and second-tier airports, the provision of a limited set of services, the implementation of direct air transportation, mainly of short and medium haul, the distribution and sale of services from the use of Internet technologies, a high level of labor productivity and fleet operation.

It can be concluded that low-cost airlines now demonstrate lower average costs and a higher level of operating profitability compared to network carriers. LCCs employ techniques that translate into a kind of hybrid model. Under the influence of low-cost airlines, traditional carriers began to change approaches to organizing business. Now, in principle, all airlines are hybrid. Not only full-service companies are partially adopting the principles of public sector employees, the opposite process is going on. Many low-cost airlines that initially did not have business class are returning this option, while the majors are reducing it to a minimum.

It seems expedient to use the potential of the low-cost airline effect for the development of the Latvian civil air transportation market. According to the author, the main constraining factors for the development of the industry are the low level of air traffic of the population and the limited availability of air transport services. Low-tariff transportation can be considered as one of the mechanisms for solving these problems. The effect of low-cost airlines will not only contribute to the activation of air transportation, but will also have an impact on related industries.

References

1. Документам Европейской ассоциации бизнес авиации
2. E. Burdenko „THE WORLD MARKET FOR BUSINESS AVIATION IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION” p. 4. Moscow. 2007
3. Burghouwt G. Lieshout. Low-cost aiming for long-haul, 2014.
4. "Our History". Loftleidir Icelandic. <http://www.loftleidir.com/our-history/> 2015.
5. "How Budget Carriers Transformed the Airline Industry-in 14 Charts". Wall Street Journal. August 23, 2017.
6. Helen Massy-Beresford (May 29, 2018). "More Growth Ahead For European LCCs". Aviation Week & Space Technology.
7. "LCCs: global market share gains led by emerging markets". CAPA – Centre for Aviation. 19 Feb 2019.
8. "The secrets of Southwest's continued success". The Economist. <https://www.economist.com/gulliver/2012/06/18/the-secrets-of-southwests-continued-success>
9. "Long haul low cost becomes mainstream as full service airlines gradually embrace new business models". <https://centreforaviation.com/analysis/reports/long-haul-low-cost-becomes-mainstream-as-full-service-airlines-gradually-embrace-new-business-models-348105>
10. ch-aviation: Low-cost carriers eliminate rivals with unique fleet strategy <https://www.ch-aviation.com/> July 20, 2013.

11. <https://oneclass.com/homework-help/economics/227445-discuss-one-aspect-of-the-low.en.html>
12. Bamber, G.J., Gittell, J.H., Kochan, T.A. & von Nordenflycht, A. (2009). "Chapter 5: Up in the Air: How Airlines Can Improve Performance by Engaging their Employees". Cornell University Press, Ithaca.
13. Common Practice <https://www.lowcostairlines.com/CommonPractice.html>
14. "8 things to consider before booking a low-cost flight". Oony UK. Retrieved 24 May 2016.
15. "Definition of unaccompanied minors". Uk-air.net. 2012-01-27. Retrieved 2012-04-09.
16. connecting flight policy of easyJet and Wizz Air
17. Humphries, Conor; Bryan, Victoria (22 Sep 2017). "Ryanair crisis exposes low-cost scramble for senior pilots". Reuters. Retrieved 22 September 2017.
18. "Airline Cost Performance". IATA. July 2006
19. https://web.archive.org/web/20150226013033/http://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/airline_cost_performance.pdf .
20. "easyJet to use drones for aircraft checks". Retrieved 24 May 2016.
21. Strauss, Michael (2010) Value Creation in Travel Distribution
22. "Ultra-low-cost Carriers Set Their Sights On Expansion". AviationPros.com. Retrieved 24 May 2016.
23. Top European low-cost carrier holding companies and their current fleet size (Source: "LCCs: global market share gains led by emerging markets". CAPA – Centre for Aviation. 19 Feb 2019.)
24. Market share of low-cost carriers in Europe from 2009 to 2019 (Source: <https://www.statista.com/statistics/1117218/low-cost-carrier-market-share-europe/>)

GADĪJUMA LIELUMA MODELĒŠANA AR DAŽĀDIEM SADALĪJUMA LIKUMIEM UN TO PIELIETOŠANA EKSPERIMENTĀLO REZULTĀTU APSTRĀDĒ

Druvis Vērzemnieks¹, Mārtiņš Kleinhofs², Rafal Chatys³

^{1,2} RTU Aeronautikas institūts

³ Kielce University of Technology

druvis.verzemnieks@gmail.com, martins.kleinhofs@inbox.lv, chatys@tu.kielce.pl

Summary

The paper is dedicated to theoretical research of the distribution laws used to analyze the experimental testing results of the samples of carbon fiber. Using the computer program MS Excel, case quantities with different distribution laws are modelled as; Exponential distribution, Normal distribution, Log - normal distribution, LW - distribution and Weibull distribution. The ideal theoretical types of distributions are displayed, resulting in histograms and graphs of the empirical distribution function. The study used the test results of 14-groups of carbon fiber sample plates which were exposed to the tension until their collapse. The tests were performed on two types of plates: 3 groups with fiber orientation (0+45-45-90) and 11 groups with orientation (0+45-45-0) in order to be able to compare the obtained collapse limits. An average of 70 carbon plate samples were tested in one group. As a result, the collapse limit in Mpa is obtained for each plate. The publication presents the results of 3 groups of experiments that meet, partially meet and do not meet the theoretical test results with the graphical method according to the normal distribution law.

Kopsavilkums

Publikācijā teorētiski tiek apskatīti sadalījuma likumi, kurus pielieto izmēģinājuma testu, rezultātu apstrādei. Izmantojot datorprogrammu MS Excel, tiek modelēti gadījumu lielumi ar dažādiem sadalījuma likumiem kā; Eksponenciālais sadalījums, Normālais sadalījums, Log – normālais sadalījums, LW – sadalījums un Veibula sadalījums. Tiek attēloti ideālie teorētiski sadalījumu veidi, rezultātā iegūstot histogrammas un empīriskās sadalījuma funkcijas grafikus. Pētījumā tika izmantoti 14 grupu izmēģinājuma testa rezultāti ogļplasta materiāla paraugus pakļaujot stiepei līdz to sagrūšanai. Testi tika veikti ar diviem ogļplasta armējuma veidiem: 3 grupas ar armējumu (0+45-45-90) un 11 grupas ar armējumu (0+45-45-0), lai varētu salīdzināt to iegūtās sagrūšanas robežas. Vidēji vienā grupā tika testēti 70 ogļplasta plāksnīšu paraugi. Rezultātā katrai plāksnītei iegūstot sagrūšanas robežu Mpa. Publikācijā tiek atspoguļoti 3 grupu izmēģinājumu rezultāti, kuri atbilst, daļēji atbilst un neatbilst pēc pārbaudes ar grafisko metodi pēc normālā sadalījuma likuma.

Ievads

Kompozītmateriālu pielietošana modernajos gaisa kuģos pēdējos gados strauji attīstās, aizvien varāk gaisa kuģu ražotāji cenšas konstrukciju komponentes aizstāt ar kompozītmateriāliem, tādā veidā samazinot gaisa kuģa masu un degvielas patēriņu lidojuma laikā. Lai veiktu pieejamo kompozītmateriālu eksperimentālo datu pārbaudi teorētiski tika veikts pētījums, kas ir daļēji atspoguļots šajā publikācijā.

Gadījuma lieluma modelēšana ar dažādiem sadalījuma likumiem

Izmantojot datorprogrammu MS Excel, var modelēt gadījumu lielumus ar dažādiem sadalījuma likumiem. Tiks attēloti ideālie teorētiski sadalījumu veidi, rezultātā iegūstot histogrammas un empīriskajās sadalījuma funkcijas grafikus.

Gadījuma lieluma x iegūšanas kopējie nosacījumi ar nejaušu sadalījuma funkciju $F(x)$, ja izmanto gadījuma lielumu, kuram ir vienmērīgs sadalījums intervālā $[0,1]$, izskatās sekojošā veidā:

No sadalījuma vienādojuma $F(x) = F_0[(x - \theta_0)/\theta_1] = R$ ar nobīdes un mēroga parametriem iegūsim (1).

$$x = \theta_0 + \theta_1 \cdot F_0^{-1}(R) \quad 1)$$

kur: θ_0, θ_1 – nobīdes un mēroga parametri; $F_0^{-1}(R)$ – standarta sadalījuma ($\theta_0 = 0, \theta_1 = 1$) apgriezta funkcija; [1];

R – gadījuma lielums ar vienmērīgu sadalījumu intervālā $[0,1]$, kuru iegūst izmantojot funkciju $RAND()$ datorprogrammā MS Excel. Arī turpmāk vienādojumos tiks lietoti šie apzīmējumi. Tālāk tiek dots konkrēts šo pārveidojumu veids vairākiem sadalījuma funkcijas veidiem un pašu sadalījuma funkciju un sadalījuma blīvuma veids. Konkrētajiem sadalījumiem izteiksme, lai modelētu gadījumu lielumus, tiek atspoguļotas nākošajās sadaļās.[3]

Normālais sadalījums

No vienādojuma $F(X)=0$ varam iegūt $X = \theta_0 + \theta_1 \cdot \Phi^{-1}(R)$, kur $\Phi(\cdot)$ ir standarta normālā sadalījuma funkcija: (2) [3]

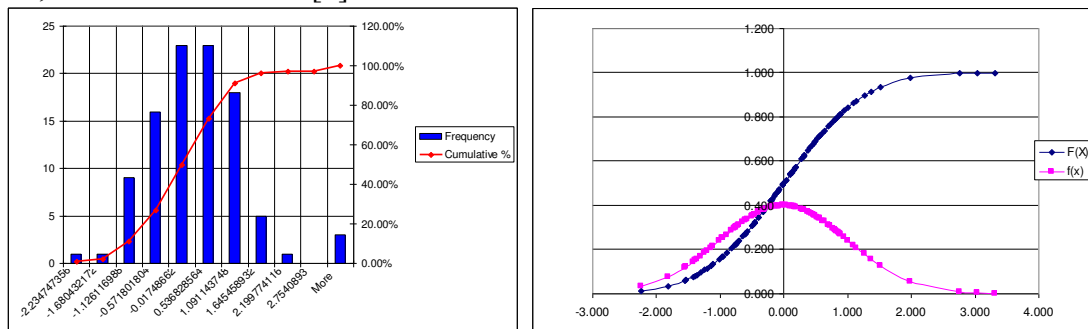
$$x = \theta_0 + \theta_1 \cdot \text{NORMSINV}(R) \quad 2)$$

No gadījuma lieluma X vērtībām x_1, x_2, \dots, x_N aprēķina sadalījuma funkciju blīvumu un pēc formulām (3) un (4):

$$F(x) = \text{NORMDIST}(x, \theta_0, \theta_1, \text{True}) \quad 3)$$

$$f(x) = \text{NORMDIST}(x, \theta_0, \theta_1, \text{False}) \quad 4)$$

Varam attēlot normālā sadalījuma histogrammu un empīriskās sadalījuma funkcijas grafiku, kas attēloti 1. attēlā.[3]



1. attēls. Normālā sadalījuma histogramma un Empīriskās sadalījuma funkcijas grafiks

Eksponenciālais sadalījums

Eksponenciālo sadalījumu apraksta ar formulām (5), (6) un (7)

$$1 - e^{-(x-\theta_0)/\theta_1} = R \quad (5)$$

$$1 - R = e^{-(x-\theta_0)/\theta_1} \quad (6)$$

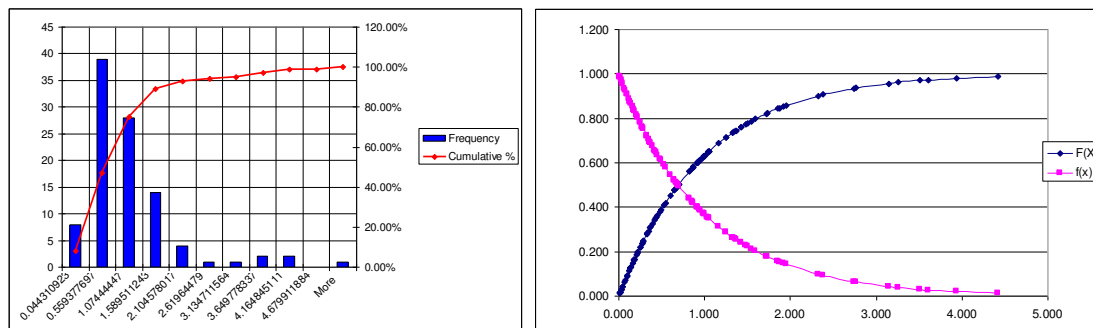
$$-(x - \theta_0)/\theta_1 = \ln(1 - R) \Rightarrow x = \theta_0 + \theta_1 \cdot \ln(1/(1 - R)) \quad (7)$$

No gadījuma lieluma X vērtībām x_1, x_2, \dots, x_N aprēķina sadalījuma funkciju blīvumu pēc formulām kuras izmanto MS Excel vidē (8) un (9): [1]

$$F(x) = 1 - e^{-(x-\theta_0)/\theta_1} \quad (8)$$

$$f(x) = (1/\theta_1) \cdot e^{-(x-\theta_0)/\theta_1}, x \geq \theta_0 \quad (9)$$

Kā rezultātā var attēlot eksponenciālā sadalījuma histogrammu un empīriskās sadalījuma funkcijas grafiku, kas attēloti 2. attēlā. [1]



2. attēls. eksponenciālā sadalījuma histogramma un empīriskās sadalījuma funkcijas grafiks

LW – sadalījums un Veibula sadalījums

Par LW – sadalījumu sauc gadījuma lieluma Y sadalījumu, kurš vienāds ar gadījuma lieluma X logaritmu, kuram savukārt ir Veibula sadalījums: $Y = \ln(X)$. No formulas (1) iegūstam (10), (11), (12), (13) un no tām izriet sakarība (14) un (15):[1]

$$Y = \ln(x) \quad (10)$$

$$1 - e^{-e^{(Y-\theta_0)/\theta_1}} = R \quad (11)$$

$$1 - R = e^{-e^{(Y-\theta_0)/\theta_1}} \quad (12)$$

$$-e^{(Y-\theta_0)/\theta_1} = \ln(1 - R) \quad (13)$$

$$(Y - \theta_0)/\theta_1 = \ln[\ln(1/1 - R)] \Rightarrow Y = \theta_0 + \theta_1 \cdot \ln[\ln(1/1 - R)] \quad (14)$$

$$x = \exp(Y) \quad (15)$$

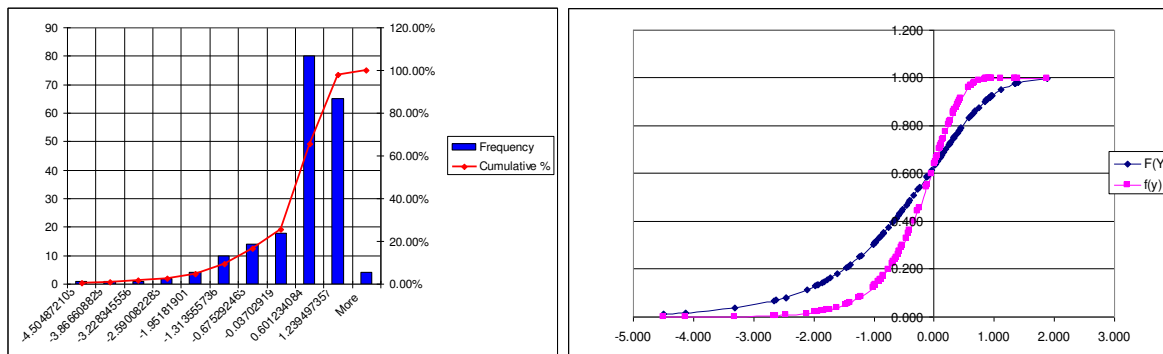
LW – sadalījums

No gadījuma lieluma Y vērtībām y_1, y_2, \dots, y_N aprēķina sadalījuma funkciju un tās blīvumu pēc formulām (16) un (17):

$$F(Y) = 1 - e^{-e^{(Y-\theta_0)/\theta_1}} \quad (16)$$

$$f(Y) = (1/\theta_1) \cdot e^{-e^{(Y-\theta_0)/\theta_1} + [(Y-\theta_0)/\theta_1]} \quad (17)$$

Rezultātā var attēlot LW- Veibula sadalījuma histogrammu un empīriskās sadalījuma funkcijas grafiku, kas attēlots 3. attēlā.[1]



3. attēls. LW sadalījuma histogramma un Empīriskās sadalījuma funkcijas grafiks

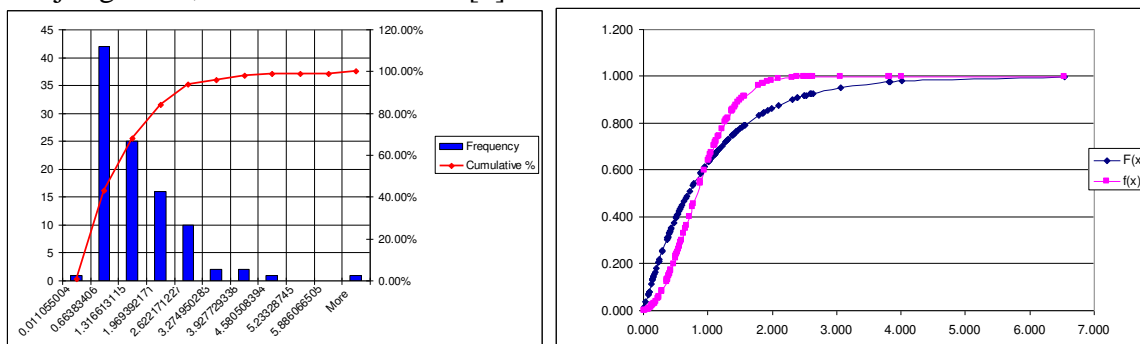
Veibula sadalījums

No gadījuma lieluma X vērtībām x_1, x_2, \dots, x_N aprēķina sadalījuma funkciju un blīvumu pēc formulām (18) un (19):

$$F(x) = 1 - e^{-e^{[(\ln(x) - \theta_0)/\theta_1]}} \quad (18)$$

$$f(x) = \left[1/(x \cdot \theta_1)\right] \cdot e^{-e^{[(\ln(x) - \theta_0)/\theta_1] + [(\ln(x) - \theta_0)/\theta_1]}} \quad (19)$$

Kā rezultātā var attēlot veibula sadalījuma histogrammu un empīriskās sadalījuma funkcijas grafiku, kas attēlots 4. attēlā. [1]



4. attēls. Veibula sadalījuma histogramma un Empīriskās sadalījuma funkcijas grafiks

Log -normālais sadalījums

Par Log -normālo sadalījumu sauc gadījuma lieluma Y sadalījumu, kurš vienāds ar gadījuma lieluma X izsaka pēc (20):

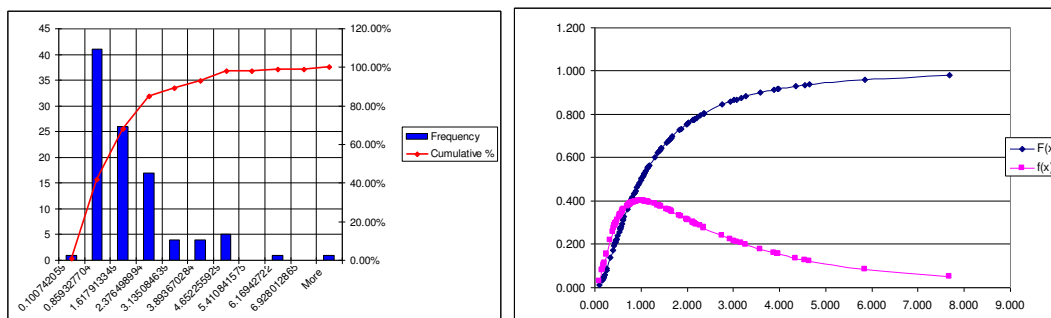
$$x = e^{\theta_0 + \theta_1 \cdot \text{NORMSINV}(R)} \quad (20)$$

No gadījuma lieluma X vērtībām x_1, x_2, \dots, x_N aprēķina sadalījuma funkciju blīvumu pēc formulām (21) un (22):

$$F(x) = \text{NORMDIST}(\ln(x), \theta_0, \theta_1, \text{True}) \quad (21)$$

$$f(x) = \text{NORMDIST}(\ln(x), \theta_0, \theta_1, \text{False}) \quad (22)$$

Rezultātā var attēlot log - normālā sadalījuma histogrammu un empīriskās sadalījuma funkcijas grafiku, kas attēlots 5. attēlā. [3]



5. attēls. Log - normālā sadalījuma histogramma un Empīriskās sadalījuma funkcijas grafiks

Sadalījuma likuma veida pārbaude ar grafisko metodi.

Viena no metodēm kā salīdzināt atbilstību starp empīrisko un teorētisko sadalījumu ir ģeometriskā: ģeometriski aplūko abu sadalījumu līknes. Abu līkņu sakrišanas pakāpe raksturo sadalījuma atbilstību, bet vienkāršāk ir pārbaudīt sakritību starp taisnēm.

Saskaņā ar Glivenko teorēmu – empīriskais sadalījums ar pozīcijas un mēroga parametriem konverģē uz teorētisko sadalījumu, kad novērojumu skaits tiecas uz bezgalību (23) un (24):

$$F(x) = F_0 \left(\frac{x_i - \theta_0}{\theta_1} \right) \quad (23)$$

$$\frac{i}{n} = F_0 \left(\frac{x_i - \theta_0}{\theta_1} \right) \quad (24)$$

Tā kā funkcija (24) ir nedilstoša, tad var izmantot apgrieztu funkciju (25):

$$F^{-1} \left(\frac{i}{n} \right) = \frac{x_i - \theta_0}{\theta_1} \quad (25)$$

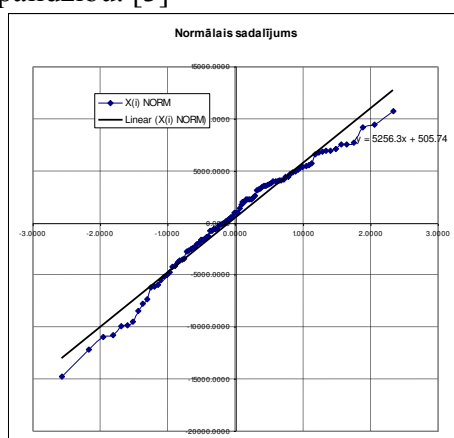
$$\theta_0 + \theta_1 \cdot F^{-1} \left(\frac{i}{n} \right) = x_i - \text{starp } x \text{ un } F^{-1} \left(\frac{i}{n} \right) \quad (26)$$

Iegūtais vienādojums ir aptuvenš, tāpēc, lai samazinātu $F^{-1}(i/n)$ aprēķināšanas kļūdu pie $i=0$, jeb $i=n$, argumenta (i/n) vietā izmanto argumentu (27):

$$q_i = \frac{i - 0,5}{n + 0,5} \quad (27)$$

Kad īstā sadalījuma F_0 vietā izmanto kādu citu sadalījuma funkciju, tad taisnes vietā redzam kādu līkni – tas nozīmē, ka nepareizi izvēlēta sadalījuma funkcija F_0 .

Šajā gadījumā tiek veikta pārbaude pēc normālā sadalījuma likuma. Izmēģinājumu rezultātus pārbaudīšu ar šo metodi. Attēlā 6. attēlota sadalījuma pārbaude pēc normālā sadalījuma likuma ar grafiskās metodes palīdzību. [3]



6. attēls. sadalījuma pārbaude pēc normālā sadalījuma likuma ar grafiskās metodes palīdzību

Ekspērimēnta rezultātu kopsavilkums un analizē

Kopā tika analizētas 14 grupas ar ogļplasta savienojumu paraugiem, kuras parādītas tabulā 1. Izmēģinājumu rezultātā tika iegūtas paraugu sagrūšanas robežas Mpa. Armējums grupām atšķīrās un bija 2 dažādi armējumi, kuri tika pakļauti uz stīepi: (0+45-45-90) un (0+45-45-0). Var secināt, ka 1. variants ir mazāk izturīgs nekā 2. variants. Bet ne visas 1. varianta un 2. varianta grupas ir vienlīdz izturīgas, to var pamatot ar ražošanas tehnoloģiju. Ražojot kompozītmateriālus, ne vienmēr izdodas atlikt precīzus leņķus slāņiem, saistviela nav pareizi uzklāta starp slāņiem vai neprecīzi veikts sloģojums, un šīs neprecīzītes atspoguļojas rezultātos. 1. variantam (0+45-45-90) tika izmēģinātas 3 grupas KM1524, KM1523 un KM1501. Lielāko vidējo izturības robežu pirms sagrūšanas uzrādīja KM1523 grupa ar 314,09 Mpa, 2. variantam (0+45-45-0) tika izmēģinātas 11 grupas KM1511, KM1512, KM1517, KM1519, KM1513, KM1514, KM1518, KM1520, KM1521, KM1515 un KM1516. Lielāko vidējo izturības robežu pirms sagrūšanas uzrādīja KM1511 grupa ar 428,83 Mpa. Izmēģinājumu grupu KM1517, KM1519, KM1518, KM1520 un KM1521 paraugu rezultātus var uzskatīt par neveiksmīgiem, jo tie uzrādījuši ļoti zemas izturības robežas pret pārējām grupām. [4]

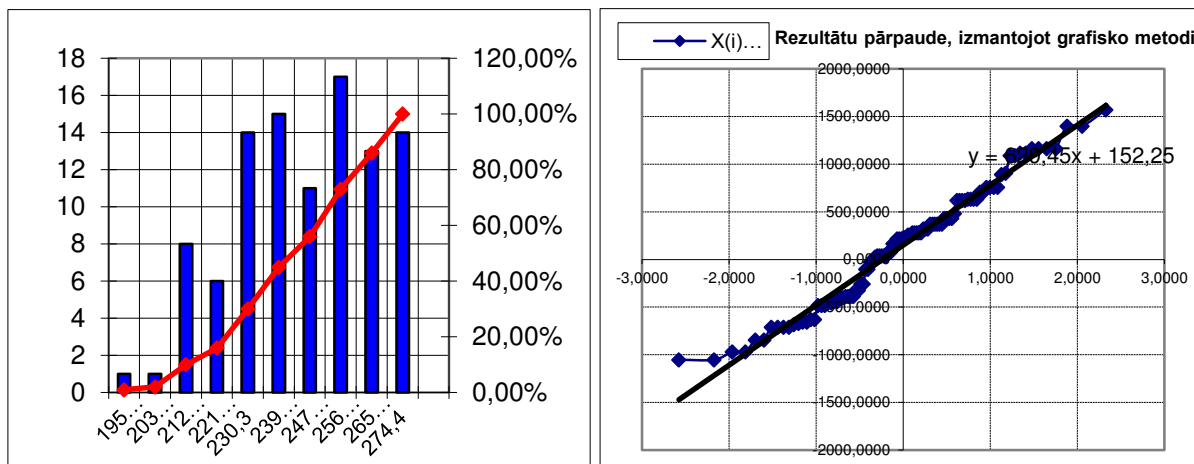
1. tabula

Izmēģinājumu grupu salīdzinājums

Nr.p.k	Grupa	Armējums	Izmēģinājumu skaits	MIN izturības robeža	MAX izturības robeža	VID izturības robeža
1	KM1524	(0+45-45-90)	100	186.2	274.4	230.3
2	KM1523	(0+45-45-90)	100	275.38	352.8	314.09
3	KM1511	(0+45-45-0)	60	344.96	504.7	428.83
4	KM1512	(0+45-45-0)	60	290.08	507.64	398.86
5	KM1501	(0+45-45-90)	65	199.92	334.18	267.05
6	KM1517	(0+45-45-0)	71	138.18	196	167.09
7	KM1519	(0+45-45-0)	60	134.26	199.92	167.09
8	KM1513	(0+45-45-0)	60	329.28	473.34	401.31
9	KM1514	(0+45-45-0)	48	304.78	505.68	405.23
10	KM1518	(0+45-45-0)	70	130.34	203.84	167.09
11	KM1520	(0+45-45-0)	65	109.76	196	152.88
12	KM1521	(0+45-45-0)	72	98	196	147
13	KM1515	(0+45-45-0)	60	305.76	502.74	404.25
14	KM1516	(0+45-45-0)	65	288.12	494.9	391.51

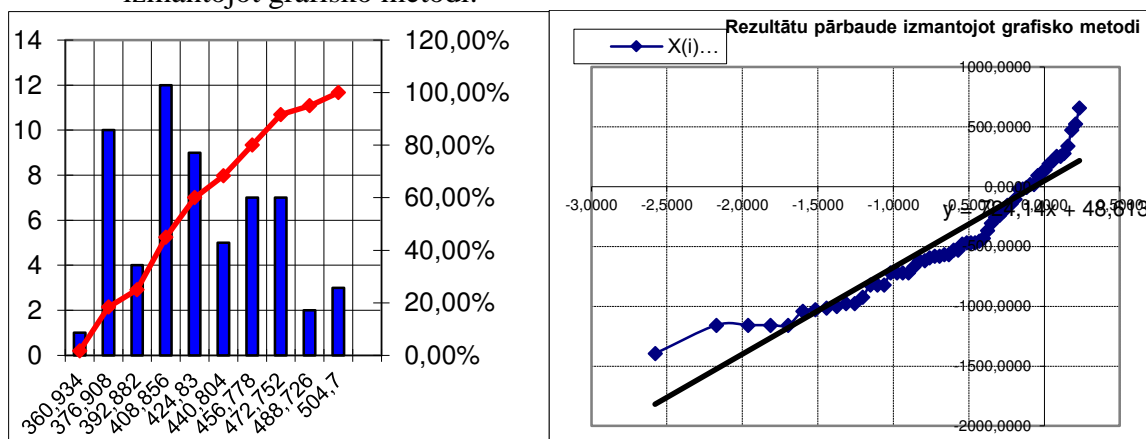
Salīdzinot ogļplasta izmēģinājumu grupu rezultātus ar grafisko metodi pēc normālā sadalījuma likuma, varēju iedalīt tos trīs grupās:

1. Izmēģinājumu grupas rezultāti, kas atbilst grafiskai pārbaudei pēc normālā sadalījuma likuma: KM1524, KM1513, KM1501, KM1519, KM1518, KM1517. 7 att. tiek attēlota Grupas KM1524 Normālā sadalījuma histogramma un rezultātu pārpaude, izmantojot grafisko metodi.



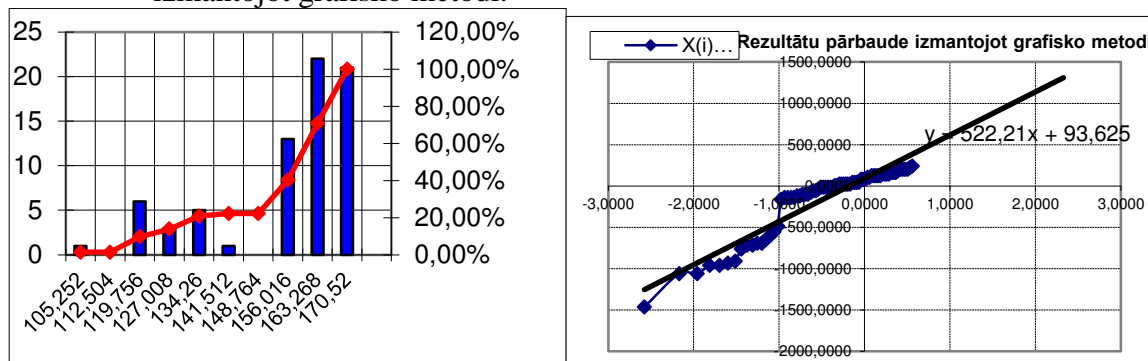
7. attēls. Grupas KM1524 Normālā sadalījuma histogramma un rezultātu pārbaude, izmantojot grafisko metodi

1. Izmēģinājumu grupas rezultāti, kas daļēji atbilst grafiskai pārbaudei pēc normālā sadalījuma likuma: KM1512, KM1514, KM1511, KM1515. 8. att. Tiek attēlota Grupas KM1511 Normālā sadalījuma histogramma un rezultātu pārbaude, izmantojot grafisko metodi.



8. attēls. Grupas KM1511 Normālā sadalījuma histogramma un rezultātu pārbaude, izmantojot grafisko metodi

2. Izmēģinājumu grupas rezultāti, kas neatbilst grafiskai pārbaudei pēc normālā sadalījuma likuma: KM1523, KM1521, KM1520, KM1516. 9. att. Tiek attēlota Grupas KM1521 Normālā sadalījuma histogramma un rezultātu pārbaude, izmantojot grafisko metodi.



9. attēls. Grupas KM1521 Normālā sadalījuma histogramma un rezultātu pārpaude, izmantojot grafisko metodi

Secinājumi

Pēc izmēģinājumu rezultātiem ogļplasta plāksnītes ar armējuma (00+45-45-00) uzrādīja augstāko vidējo izturības robežu 428.83 Mpa, bet ogļplasta plāksnītes ar armējuma (00+45-45-90) vidējā augstākā sagrūšanas robeža bija 314.09 Mpa. Var secināt, ka izturīgāki ir 1. varianta paraugi. Pārbaudot grupu paraugus ar grafisko metodi pēc normālā sadalījuma likuma tika secināts, ka lielākā daļa rezultāti atbilda pārbaudei, pārējie rezultāti vai nu daļēji atbilda vai neatbilda vispār. Iespējamie rezultātu atšķirības cēloņi var būt, piemēram, ražošanas laikā izmēģinājuma paraugiem neprecīzi novietotas šķiedras savā starpā, starp slāņiem nevienmērīgi uzklāta saistviela vai arī paraugu izgatavošanas procesā izmantota nekvalitatīva šķiedra.

Izmantoto informācijas avotu saraksts

1. Paramonovs J.M. Transporta līdzekļu slodzes, resurss un drošums. – RTU, 2002. – 108 lpp.
2. Klenhofs M., Pčolkins E. Kompozītmateriālu pielietošana lidaparātu konstrukcijā projektējot kursa darbu un diplomdarbu. – Rīga, 1981. - 59 lpp.
3. Paramonov Y.M., Kuznetsov A., Kleinhofs M. Reliability of fatigue-prone airframes and composite materials. - Riga, Aviation institute of Riga Technical University, 2011 – 122 pages.
4. Vērzemnieks D. Aviācijas konstrukciju materiālu īpašību un bojājumu procesa izpēte: [Maģistra darbs] – Rīga, 2015 – 109 lpp.

GĀZU TURBĪNAS DARBA LĀPSTIŅAS KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE MODERNAJIEM AVIĀCIJAS DZINĒJIEM

Ernests Lejnīeks¹, Vladimirs Labendīks², Martiņš Kleinhofs³

¹Rīga Technical University

²Transporta tehnoloģiju institūts

³Rīga Technical University

4els@inbox.lv , vladlab@junik.lv , martins.kleinhofs@inbox.lv

Abstract

There are several ways to increase the efficiency of gas turbine engines. One of the main techniques is to raise the gas temperature before the engine turbine. The maximum gas temperature in the engine is limited by the heat resistance limit of the materials used and the loads that the turbine design can withstand at these temperatures. The second way is to optimize all the geometric and gas-dynamic parameters of the turbine. An analysis of various heat-resistant composite materials has been performed and it has been concluded that composites with ceramic materials are the most suitable. The complex of calculations shows that in the fifth generation engines, by increasing the gas temperature, applying new ceramic materials and using a new design solution – it is possible to significantly reduce the specific fuel consumption, which is the main parameter of engine efficiency.

Keywords: strength of aviation structures, turbine blade, ceramics

Lai panāktu gāzturbīnu dzinēju efektivitātes parametru paaugstināšanu ir vairāki paņēmieni kā to veikt. Viens no galvenajiem paņēmieniem ir paaugstināt gāzes temperatūru pirms dzinēja turbīnas. Maksimālo gāzes temperatūru dzinējā ierobežo izmantoto materiālu karstuma izturības robeža un slodzes, kuras turbīnas konstrukcija spēj izturēt pie šīm temperatūrām. Otrs veids ir optimizēt visus turbīnas ģeometriskos un gāz-dinamiskos parametrus. Veikta dažādu karstumizturīgu kompozītu materiālu analīze un secināts, kā vispiemērotākie ir kompozīti ar keramikas materiāliem. Veikto aprēķinu komplekss rāda, ka piektās paaudzes dzinējos, palielinot gāzu temperatūru, pielietojot jaunus keramiskos materiālus un izmantojot jaunus konstruktīvos risinājumus, iespējams būtiski samazināt īpatnējo degvielas patēriņu, kas ir galvenais dzinēja efektivitātes parametrs.

Atslēgas vārdi: aviācijas konstrukciju stiprība, turbīnas lapstiņa, keramika

1. Ievads

Galvenais uzdevums projektējot moderna turboreaktīvā divkontūru dzinēja turbīnu ir sasniegt pēc iespējas lielāku turbīnas darbu panākot to ar minimālu degvielas patēriņu. Šis ir dzinēja ekonomiskuma nosacījums, ko diktē sīvā konkurence starp vadošajiem aviodzinēju ražotājiem. Lai panāktu šī nosacījuma izpildi ir vairāki paņēmieni kā to veikt.

Viens no galvenajiem paņēmieniem ir paaugstināt gāzes temperatūru pirms dzinēja turbīnas. Maksimālo gāzes temperatūru dzinējā ierobežo dzinējā izmantoto materiālu karstuma izturības robeža un slodzes, kuras turbīnas konstrukcija spēj izturēt pie šīm temperatūrām.

Otrs veids, kā panākt maksimālu turbīnas darbu ir optimizēt visus turbīnas ģeometriskos un gāz-dinamiskos parametrus.

Zinātniskajā darbā projektējot gāzturbīnu dzinēja augstspiediena turbīnu tiek meklēta maksimāli pieļaujamā gāzes temperatūra pirms projektējamās turbīnas un vienlaicīgi tiek optimizēti visi turbīnas ģeometriskie un gāz-dinamiskie parametri.

Lai izpildītu šo uzdevumu un sasniegtu pēc iespējas labākus rezultātus tiek aplūkota iespēja augstspiediena turbīnā pielietot turbīnas darba lāpstiņas ar jaunu konstruktīvo risinājumu. Šis konstruktīvais risinājums paredz, ka turbīnas darba lāpstiņas gāzdinamiski profilētais apvalks no griešanās centrālās daļas ir noslogots ar spiedes spriegumiem. Savukārt apvalka masas centrālās daļas spēks tiek pārnest uz turbīnas darba lāpstiņas spēka stieni. Šāds konstruktīvais risinājums tiek izmantots, jo augstu temperatūru iedarbībā darba lāpstiņas apvalkam izmantotais materiāls pie paredzamajām slodzēm spēs izturēt tikai spiedes spriegumus. Lāpstiņas spēka stienis ar gāzdinamiskā apvalka palīdzību ir pasargāts no tiešas karsto gāzu iedarbības un atrodas labvēlīgākos apstākļos, kurus rada dzesēšanas gaiss, tāpēc tas spēj izturēt lielus stiepes spriegumus no apvalka un paša spēka stienī masas centrālās daļas spēka.

Turbīnas darba lāpstiņas konstrukcijā paredzēts izmantot jaunus materiālus, kuri ir apskatīti otrajā sadaļā.

2. Mūsdienu turbīnas un to attīstības perspektīves

Avio dzinēju būvniecības nozarē visā pasaulē notiek nepārtraukta attīstība, kas saistīta ar gāzturbīnu dzinēju efektivitātes parametru paaugstināšanu. Gāzturbīnu dzinēju parametru paaugstināšanu galvenokārt saista ar gāzu temperatūras paaugstināšanu pirms turbīnas. Dzinēja gāzdinamisko parametru aprēķinformatīvu analīze rāda, ka, piemēram, īpatnējā dzinēja vilce varētu būt proporcionāla gāzu temperatūras pieaugumam. Taču pie paaugstinātām gāzu temperatūrām turbīnas detaļām nepieciešama intensīvāka atdzesēšana, kas savukārt noved pie dzinēja darba cikla parametru pasliktināšanās. Jo augstāka ir gāzu temperatūra, jo vairāk gaisa no kompresora tiek paņemts turbīnas detaļu dzesēšanai. Piemēram, ja gāzu temperatūra pirms turbīnas būtu 1800 K, tad vairāk nekā 20% no visa gaisa daudzuma, kas iet caur pirmo dzinēja kontūru būtu nepieciešams lai atdzesētu augstspiediena un zemspiediena turbīnu.

Mēģinājumi paaugstināt dzesēšanas gaisa izmantošanas efektivitāti noved pie sarežģītām turbīnas detaļu konstrukcijām. Palielinās šo detaļu izgatavošanas darbietilpīgums, bet drošums, gluži pretēji, samazinās. Turbīnas dzesēšanai no kompresora atņemtais gaisa daudzums nav atkarīgs tikai no gāzu temperatūras augstuma pirms turbīnas un no pieņemtā dzesēšanas veida efektivitātes, bet arī no turbīnas detaļās izmantotā materiāla pieļaujamās darba temperatūras lieluma. Mūsdienu supersakausējumu un metālkeramisko materiālu pieļaujamās darba temperatūras sasniedz 1000...1050 grādus. Kā redzams ar šādām materiālu darba temperatūrām nepietiek, lai panāktu augstus dzinēja efektivitātes rādītājus. Viens no veidiem kā paaugstināt gāzu temperatūru pirms turbīnas, tātad paaugstināt arī dzinēja efektivitātes rādītājus, ir ieviest turbīnas elementos jaunus, karstumizturīgus materiālus. Tika izskatīti vairāki karstumizturīgie kompozītu materiāli. Vispirms tika apskatīti raksturīgi oglekļa šķiedru materiāli ar metāla matricu. Maksimāli labākie parametri ir oglekļa šķiedru materiālam ar molibdena matricu, bet šī kombinācija ir ļoti sarežģīta tehnoloģiski un ar lielām izmaksām. Ar lielām izmaksām ir arī oglekļa-oglekļa kompozīti, bet ar lielu stiprību uz lieci līdz 2000°C[1]. Oglekļa kompozīti ar keramisku matricu ir pēc īpašībām tuvi oglekļa –oglekļa materiāliem, bet to tehnoloģija un izmaksas ir ievērojami piemērotākas ražošanas procedūram. Un no salīdzinājuma secinājums, ka viens no karstumizturīgiem materiāliem ar izstrādātu materiālu ražošanas tehnoloģiju var būt keramiskie materiāli, kas dod iespēju paaugstināt gāzu temperatūru pirms turbīnas. Šie materiāli ir ar ļoti augstu karstumizturību, kas pieļauj detaļu darba temperatūras līdz pat 1300...1400 grādiem nepielietojot dzesēšanu. Vēl viena keramisko materiālu priekšrocība ir tā, ka tiem ir maza masa un tie labi iztur spiedes spriegumus pie ļoti augstām temperatūrām. Sliktās keramisko materiālu īpašības ir tās, ka tie iztur samērā nelielus stiepes un lieces spriegumus un ir trausli. Pielietojot dažādas keramisko materiālu detaļu izgatavošanas

tehnoloģijas un izmantojot dažādas ķīmisko elementu piedevas iespējams būtiski uzlabot šos keramisko materiālu trūkumus. Ja ņem vērā iepriekš teikto, tad būtu vēlams detaļām no keramiskajiem materiāliem, kuras pielieto turbīnās, radīt darba apstākļus, kuros tās darbojas spiedē. Ja detaļām no keramiskajiem materiāliem izdodas radīt šādus darba apstākļus, tad iespējams saglabāt detaļas resursu, ievērojami samazinot tās pašizmaksas, jo izejmateriāls keramikas izgatavošanai ir samērā lēts. Keramiskās detaļas dārdzību galvenokārt nosaka tehnoloģijas pielietošanas veids tās izgatavošanai. Izvēloties gāzturbīnu dzinējos pielietot jaunus materiālus, kas ļauj palielināt gāzu temperatūru pirms turbīnas, mēs, līdz ar to, paaugstinām dzinēja efektivitātes rādītājus. Kopumā tas vis ievērojami samazina pēc šāda principa ražotu dzinēju pašizmaksu, tātad arī tā tirgus cenu, iegūstot jaunu dzinēju ar augstākiem efektivitātes rādītājiem, kas potencialajam šāda dzinēja pircējam nav mazsvarīgi. Efektivitātes rādītāji, kurim pievērš galveno uzmanību projektējot jaunu dzinēju, ir paaugstināta īpatnēja vilkme tikai nedaudz palielinot vai pat saglabājot iepriekšējā līmenī īpatnējo degvielas patēriņu. Ne mazāk svarīgi faktori ir projektējamā dzinēja masa un gabarīti. Projektējot jaunu dzinēju ar paaugstinātiem efektivitātes rādītājiem būtu vēlams, lai tā gabarīti un masa palielinātos nedaudz.

Apkopojot visu iepriekš minēto, ja aviodyzinēju ražotājs izvērza par mērķi radīt jaunu dzinēju ar paaugstinātiem efektivitātes rādītājiem, tad visizdevīgāk būtu projektēt dzinēju ar paaugstinātu gāzu temperatūru pirms turbīnas. Turbīnas konstrukcijas detaļas, šajā gadījumā, vis piemērotāk būtu izgatavot no jauna tipa materiāliem, kuriem ir augsts darba temperatūru diapazons, un kuru atdzesēšanai būtu nepieciešams neliels gaisa daudzums.

3. Jaunas turbīnas projektēšanas izejas datu sākotnēja noteikšana

Turbīnas projektēšana ir svarīgs lapstiņu stiprības aprēķins un lai to veismīgi izpildītu jāizstrādā stiprības modelis konstruktīvajam elementam. Kā modelis ir pieņemta nepartraukta vide, ciets deformējams ķermenis., kuīram ir elastības, plastiskuma īpašības. Formas modelim tiek pielietotas stiepnū, plāksņu un apvalku modeļi. Turboreaktīvā divkontūru dzinēja augstspiediena turbīnas projektēšanai nepieciešami virkne izejas datu. Viens no parametriem, kas noteiks augstspiediena turbīnas darbu ir gāzģeneratora kompresora saspiešanas pakāpe - π^*_{k1} . Mūsdienu kompresoriem gaisa saspiešanas pakāpe augstspiediena kompresorā ir sasniegusi sekojošas vērtības: $\pi^*_{k1} \approx 20 \div 30$ [1].

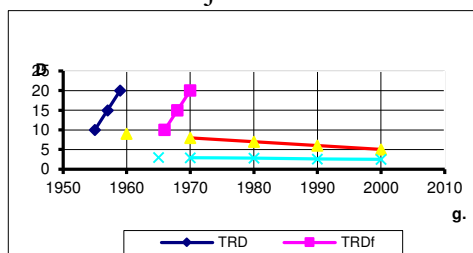
Otrs nepieciešamais parametrs ir dzinēja kompresora kopējā saspiešanas pakāpe - $\pi^*_{k\Sigma}$. Arī šo parametru izvēlamies vadoties no sasniegumiem turboreaktīvo div kontūru dzinēju ražošanā un tas ir: $\pi^*_{k\Sigma} \approx 40 \div 60$ [1].

Trešais nepieciešamais parametrs ir gaisa patēriņš caur pirmo dzinēja kontūru - G_{aiss1} . Izvēloties šo dzinēja parametru vadāmies pēc gāzģeneratora “dimensiālā raksturojuma” [3].

$$G_{aiss1}/\pi_{k\Sigma}^{(n+1)/(2n)} = D. \quad (1)$$

Ņemot vērā, ka parasti kompresora saspiešanas politropijas rādītājs ir $n = 1,45 \dots 1,5$, tad izteiksmi (1) var uzrakstīt šādi: $G_{aiss1}/\pi_{k\Sigma}^{5/6}$.

Aplūkojot dimensiālā raksturojuma attīstības tendenci varam orientējoši izvēlēties tā



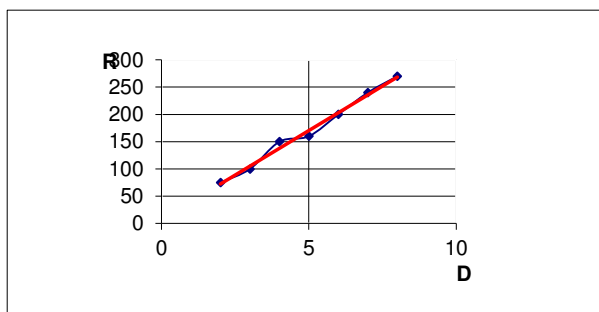
lielumu (1.attēls).

1.attēls. Dimensiālā raksturojuma attīstības tendences

Dimensiālā raksturojuma fizikālā jēga ir tāda, ka tas rāda dažādu augstspiediena kompresoru spēju pēc iespējas vairāk saspiest noteiktu gaisa daudzumu. Tātad, jo mazāks ir dimensiālais raksturojums, jo labāks ir augstspiediena kompresors.

Ņemsim vērā, ka nebūtu ieteicams dimensiālo raksturojumu izvēlēties pārāk zemu ($G_{b1}/\pi_k \Sigma^{5/6} < 2 \cdot 2,5$), jo tad kompresora pēdējo pakāpju lāpstiņas būs pārāk īsas un šo pakāpju lietderības koeficients būs pārāk zems.

Kad dimensiālais raksturojums iegūts var aptuveni noteikt kāda būs visa dzinēja vilkme ar projektējamo gāzģeneratora turbīnu. Aplūkosim statistikas datus par dažādu dzinēju ar vienādiem gāzģeneratoriem vilkmes atkarībā no dimensiālā raksturojuma (2. attēls).



2. attēls. Dzinēja vilkmes atkarība no dimensiālā raksturojuma

Izdarot aptuvenas aplēses varam noteikt aptuvenu gaisa patēriņu G_{aiiss1} .

$$G_{aiiss1}/\pi_k \Sigma^{5/6} = 2,5 \div 6 \Rightarrow G_{aiiss} = \pi_k \Sigma^{5/6} (2,5 \dots 6) = 80 \dots 150 \text{ kg/s}$$

Ceturtais nepieciešamais parametrs ir gāzes temperatūra pirms dzinēja turbīnas. Šo parametru izvēlamies 1700 1850 K robežās ņemot vērā mūsdienu sasniegumus materiālzinātnē par aviodzinēju ražošanā pielietojamiem materiāliem [3]. Šajā gadījumā tas būtu keramiskais materiāls, kura sastāvā ir silīcija nitrīds ($\text{Si}_3 \text{N}_4$) ar speciāliem piemaisījumiem [4]. Kā zināms keramika slikti darbojas stiepes un lieces slodzēs. Lai palielinātu izvēlēta keramiskā materiāla izturību liecē, tad tā sastāvam pievieno cirkonija dioksīdu (Zr O_2). Cirkonija dioksīda kristālam piemīt īpašība mainīt savu struktūru no spriegumu iedarbības, kuri rodas plaisas galā, kura izplatās pa keramisko materiālu. Šo spriegumu iedarbības rezultātā cirkonija dioksīda kristāls izplešas par 3 5%, tādējādi, ja plaisa nonāk līdz kristālam, tad tas keramikā rada vietējos spiedes spriegumus, kuri apgrūtina tālāku plaisas izplatīšanos. Šī īpašība ļoti noder turbīnas lāpstiņām, jo tās nereti tiek ieskrambātas ar dažādiem svešķermeņiem.

Izvēlēta keramiskā materiāla fizikālās īpašības:

- blīvums - $\rho = 1700 \text{ kg/m}^3$
- elastības modulis – $E = 3,8 \cdot 10^7 \text{ MN/m}^2$
- stiprības robeža pie $t = 1300^\circ \text{C}$ ir $\sigma = 200 \dots 300 \text{ Mpa}$

4. Turbīnas projektēšana

Pirmais posms turbīnas projektēšanā ir sākotnējais turbīnas gāzģinamiskais aprēķins izmantojot metodiku, kura tiek pielietota projektējot turbīnu ar zināmiem izejas parametriem veicot izejas datu variāciju, lai iegūtu turbīnu ar visoptimālākajiem raksturojumiem.

Paralēli šiem aprēķiniem tiek veikta arī turbīnas darba pakāpes lāpstiņu kanāla profilēšana veicot gāzes plūsmas parametru optimizāciju.

Profilējot darba pakāpes kanālu tiek ņemts vērā gāzes plūsmas hidrodinamiskās īpašības, lai panāktu efektīvāku gāzes enerģijas pārvadi darba lāpstiņai katrā tās šķēlumā.

Kombinējot visus parametru optimizācijas rezultātus un izmantojot matemātisko modeli jāiegūst turbīnu ar maksimālu efektivitāti.

Lai turbīnas darba lāpstiņas varētu izgatavot no keramikas, tad tām jārada spiedes spriegumi. Projektējamā dzinējā to panāk turbīnas lāpstiņas izgatavojot no divām daļām. Iekšējais lāpstiņas stienis kā parasti darbojas stiepē no stieņa paša masas centrālās daļas spēkiem un no lāpstiņas apvalka masas centrālās daļas spēkiem, kuri pielikti lāpstiņas galā. Turbīnas lāpstiņas keramiskais apvalks no centrālās daļas spēku iedarbības balstās uz lāpstiņas stieņa galā izveidota plaukta. Tātad lāpstiņas apvalkā no tā masas centrālās daļas spēkiem darbosies spiedes spriegumi. Parcik lāpstiņas stienis no gāzu spēku lieces spriegumiem tik atslogots ar paša masas centrālās daļas spēkiem, tad arī lāpstiņas apvalkā lieces spriegumi būs nelieli.

Lai gāzu spēki, kas darbojas uz lāpstiņas apvalku, tiktu pārnesti un vienmērīgi būtu sadalīti pa visu lāpstiņas stieņa garumu, tad pa visu stieņa laukumu vienmērīgi tiek sadalīti atbalsta punkti. Šie punkti ļauj apvalkam kustēties radiālā virzienā, bet atņem kustības brīvību pārējos virzienos.

Jaunās turbīnas darba lāpstiņas apvalka biezums mainās lineāri. Tas ir, apvalka biezums samazinās lineāri pa apvalka garumu pārejot no biežāka uz plānāku no turbīnas darba rata ārējā rādiusa uz iekšējo. Apvalka biezuma izmaiņas lineārās funkcijas koeficients (q) (3. attēls) jāizvēlas veicot vairākkārtīgus stiprības aprēķinus ar dažādām tā vērtībām.

$$q_l = \frac{b}{a \cdot (1 - x)} \quad (2)$$

Pēc aprēķinu veikšanas salīdzina iegūtos sprieguma sadalījuma rezultātus un izvēlas to modeli, kurš ir vispiemērotākais no stiprības viedokļa.

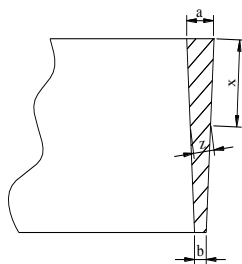
Cits modelis paredz, ka apvalka biezums pa tā garumu mainās pēc funkcionālā likuma. Tātad, apvalka biezuma izmaiņas koeficients ($q_{(f)}$) mainās atkarībā no kādas funkcijas.

$$q_{(f)} = f(\sigma_{sum}) \quad (3)$$

Lai atrisinātu apvalka stiprības uzdevumu pieņemsim, ka šī funkcija ir atkarīga no summārajiem spriegumiem, kas darbojas apvalkā. Šajā gadījumā šo nezināmo funkciju varam uzdot patvaļīgi, lai tikai tiktu apmierināti apvalka stiprības nosacījumi.

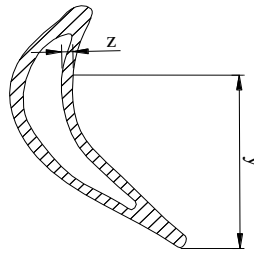
Kad stiprības analīze uz šiem piedāvātajiem modeļiem veikta, jāizvēlas pats piemērotākais no tiem. Tas būtu tāds modelis, kurš dotajos apvalka darbošanās apstākļos būtu ar mazāko konstrukcijas masu.

Atkarībā no noslogojuma vai konstruktīvu apsvērumu dēļ var izvēlēties apvalku, kurš ietvertu doto modeļu kombinācijas.



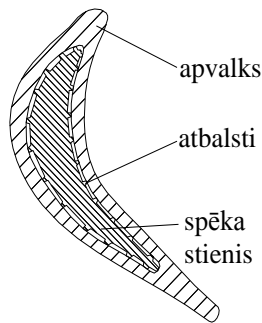
3. attēls. Darba lāpstiņas gāzdinamiskā apvalka šķērsriezums.

Apvalka biezums mainīsies ne tikai pa tā garumu, bet arī šķērsvirzienā (4. attēls).



4.attēls. Gāzdinamiskā profila šķērsriezuma skice

Šo biezuma izmaiņu veic analizējot apvalka modeļu spriegumu diagrammas. Spēki, kas darbojas uz gāzdinamisko apvalku no gāzes plūsmas uz spēka stieni tiek pārnesti caur atbalstiem (5. attēls).



5. attēls. Lāpstiņas kopējās konstrukcijas šķērsriezuma skice

Veicot apvalka stiprības aprēķinu, jānosaka, cik atbalstu ir nepieciešams uz vienu apvalka laukuma vienību, lai nodrošinātu vajadzīgo tā stiprību un stabilitāti.

Jāņem vērā arī tas, ka izstrādātai darba lāpstiņai ir savdabīga konstrukcija, tāpēc aprēķinot spēkus un momentus (4) jāpielieto apgriestais princips.

$$M_{x2} = \frac{M_x}{1 + \frac{E_1 I_{x1}}{E_2 I_{x2}}} \quad M_{y2} = \frac{M_y}{1 + \frac{E_1 I_{y1}}{E_2 I_{y2}}} \quad (4)$$

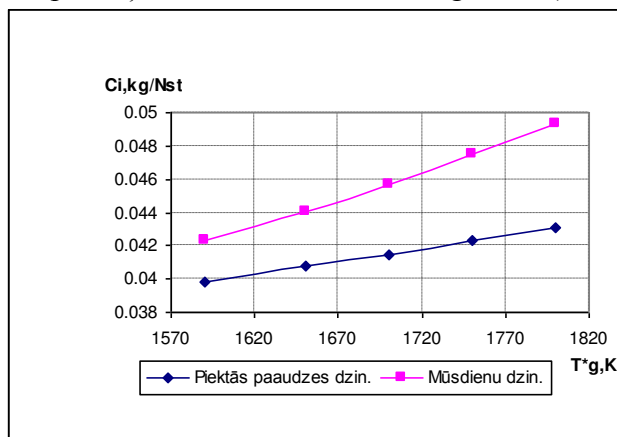
Gala rezultātā tik iegūts lāpstiņas apvalka šķērsriezuma laukuma izmaiņas likums:

$$F_x = F_x^* - F_x^{**} = F_{iekš}^* \left[1 - (1 - \lambda^*) \cdot \left(\frac{x}{l} \right)^\varepsilon \right] - \left[1 - (1 - \lambda^{**}) \cdot \left(\frac{x}{l} \right)^\varepsilon \right] \quad (5)$$

Kad apvalka stiprības aprēķins ir veikts, ir arī zināms kādas slodzes tiks pārnestas uz lāpstiņas spēka stieni. Izejot no tā varam uzdot spēka stieņa ģeometriskos izmērus, kas spētu izturēt slodzes, kuras tiek pārnestas no apvalka.

Pēc aprēķinu iegūšanas izanalizēt maksimālās spriegumu zonas un veicot konstruktīvas jeb ģeometriskas izmaiņas panākt vienmērīgu slodžu sadalījumu pa lāpstiņas garumu, kas ļautu izmantot pēc iespējas augstāku gāzes temperatūru un pēc iespējas vairāk noslogot lāpstiņu.

Veikto aprēķinu komplekss rāda, ka piektās paaudzes dzinējos, pielietojot jaunus keramiskos materiālus un izmantojot jaunus konstruktīvos risinājumus, iespējams būtiski samazināt īpatnējo degvielas patēriņu. Šis rezultāts redzams grafikā (attēls 6.).



6.attēls. Degvielas patēriņa pieaugums atkarībā no gāzu temperatūras.

5. Secinājumi un ieteikumi

- Pielietojot keramiskos kompozītu materiālus var samazināt degvielas patēriņu 5-7%.
- Jaunās turbīnas darba lāpstiņas apvalka biezums minimāls, kas dod iespēju efektīvai lāpstiņas dzesēšanai ar gaisu

Izmantoto literatūras avotu saraksts

1. High Temperature Materials and Processes. G. Griy and G.M. Savage, Materials at High Temperatures 9(2), lpp.102-109
2. Video: Kovane ograde 2021, Marts Keramikas matricas kompozītmateriāli veic lidojumu ar LEAP reaktīvo dzinēju
3. П. К. Казанджан, Н. Д. Тихонов, А. К. Янко. Теория авиационных двигателей // М: Машиностроение, 1983. - 28 с.
4. С. М. Шляхтенко, В. А. Сосунова, Теория двухконтурных турбореактивных двигателей // М: Машиностроение, 1979. - 313 с.
5. STEEL // A Handbook for Materials Research and Engineering // Volume 2, 203 - 223.
6. А. А. Никитский, Применение керамических материалов в горячих узлах ГТД (анализ работ зарубежных фирм) // Труды ЦИАМ, № 923.
7. Mukhin V., Labendik Vl., Control of Heating up for Reception of Aluminidical Coats with Given Properties. // RTU Zinātniskie raksti, 6. sērija "Mašīnzinātne un transports. Transports. Aviācijas transports", 1. sējums. – Rīga, "RTU", 2000. – lpp. 97-104.

IMPROVING THE ROLE OF THE HUMAN FACTOR DURING THE RAPID DEVELOPMENT OF AVIATION TECHNOLOGIES

J. Maklakovs, V. Shestakov

Riga Technical University

jmaklakovs@gmail.com , shestakov@inbox.lv

Abstract

For decades, automation has been gradually integrated into all aviation sectors, from aircraft design and operation to maintenance and air traffic control. We see an improvement in the aviation safety automation process due to the increase in systems reliability and the inclusion of safety control functions in the automation process itself. This makes it possible to reduce the number of service staff, at the same time making these systems more complex and their service places new demands on the people who do the work. As a result of the development of the aviation automation process, the assumptions of the human factor and safety culture in aviation companies set to this day are also changing.

The human factor plays an important role in aviation safety, as it has been shown that around 70% of all civil aviation accidents are caused by this factor and are linked to non-compliance with safety measures. The science of aviation safety culture has been actively evolving since the last century and a whole system of safety measures for airlines has been established, which give positive results. However, even today, many jobs of aviation specialists are mostly related to the observation process, which accustoms the specialist to monotonous work, as a result of which they lose the necessary analytical skills, which are important for making the right decisions in a critical situation. In the future, decision-making cannot be based solely on experience or intuition, as many processes will be automated. It is also clear that the process of technological development is ahead of the legislation on which aviation services are based. These are just some of the trends that are necessitating changes in information exchange, safety culture and new demands on aviation professionals. The introduction of the new requirements will make it possible to raise aviation safety to a new level in line with the requirements of the times.

Keywords: *Automatization, Human factor, Safety Culture, Safety management.*

Introduction

The aim of the study is to analyse the place and role of safety culture and the human factor, as well as the necessary improvements, based on the current vision for the future development of aviation.

The human factor plays an important role in aviation safety, as it has been shown that around 70% of all civil aviation accidents occur due to this factor and is based on the safety culture that has developed in aviation teams and is part of the company's culture. The safety culture and the human factor affect not only the piloting of aircraft, but also their maintenance and airspace management. Human flaws and weaknesses have not changed for centuries. They still exist today and will continue to exist in the future. The only way to prevent their impact on aviation safety is to adapt to the time and technical requirements, to train professionals, to maintain and improve the safety culture in the company and to ensure that the company is run by people with good leadership skills.

1. Future of Aviation

Analysing the existing researches on the future development of all aviation sectors [1], we can conclude that the direction of aviation development is related to automation, artificial intelligence, blockchain, internet of things and multilateral use of Remotely Piloted Unmanned Aircraft Systems (RPUAS).

According to the JARUS (Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems) research, two types of aircraft will be used for air transport in the future: manned and remotely piloted aircrafts [2]. Due to the technological advances and increased reliability of the equipment, there will be a gradual transition to the most efficient system, which is RPUAS. We can conclude from the studies already carried out that in the future we are expecting an increase in the use of RPUAS [3], which also means their gradual integration into the controlled airspace, that should also be taken into account when examining their safety impact.

Looking at the summary of the SESAR (*Single European Sky ATM Research*) study [2], we can conclude that RPUAS will be actively used in both controlled and non-controlled airspace. The largest use of RPUAS is expected in populated areas [12], which will pose a threat to residents and infrastructure. An important factor to look forward is the fact, that the number of airplane flights will also increase dramatically, resulting in increased load on both ground handling personnel and infrastructure and equipment [4]. Besides the technological innovations in RPUAS, supersonic aircraft, operations above FL 600, and commercial space flights are going to be developed. It will make the management of aviation business very demanding. Reducing this burden will require a solution that, according to experts, can only be artificial intelligence and the transition to the process of automation.

When considering the future of aviation safety, it is also important to keep in mind that the number and diversity of users will increase. Research carried out by SESAR shows that the RPUAS will be used in a number of sectors, namely for energy, agriculture, construction, search and rescue, military, transportation, recreation and others [3]. Assuming that, RPUAS will be used in almost all sectors in the future.

It should be noted that future airspace users will have access to huge amount of information that they will receive from an aircraft, airspace management equipment and they will not be able to process it independently. Several companies already provide sensors on aircraft and use an equipment with the predictive insight [5], which provide useful information on safety, maintenance and efficient use of an airplane.

The safety of flight equipment and the airspace management model will also play an important role in ensuring flight safety, which by 2050 will be almost or completely switched to automation [6], where the human/operator will only perform control functions.

Also, work is underway on the U-space [7], an airspace management automation project at RPUAS. This system will be used for the management of RPUAS, which in the foreseeable future will expand to a controlled airspace at an appropriate level of development and will certainly be used to provide manned aircraft.

2. Automation

Analysing future visions for the development of aviation, it is clear that automation, artificial intelligence, blockchain, internet of things and RPUAS will play a crucial role.

Aviation systems will become more sophisticated with every year, requiring deeper knowledge of automation and artificial intelligence from pilots, operators and maintenance personnel. The amount of information that will be obtained from the different types of sensors on the aircraft will be so large that operators without special equipment, software and specialists who has a competence (Data Driven Managers), will not be able to process it. This

problem already exists today. Therefore, this process is gradually automated. Assessing the development of the aviation industry, we see that many data services will be implemented in data clouds, similar to what computer users do now. Remote access to aircraft control, which already exists for RPUAS today, will be available and it will certainly be possible to perform remote software updates at certain level for the aircrafts and equipment.

There are several definitions of automation at this time, but the most widely used is the following: "Automation is a process that controls a function or task without human intervention." [8]

Automation not only brings benefits, but it also has disadvantages, the main factor of which manifests itself in a human factor. An analysis of a number of accidents [9], where the cause of the catastrophe was automation, leads to the conclusion that it was possible to avoid catastrophe by using the pilot's professional skills. The main reasons in all cases are boredom, complacency, and erosion of competence.

Clearly, the number of shortcomings is higher. For example, the automation process and the large flow of information in real time make aviation systems vulnerable from a cyber security perspective [12]. It also has an impact on the human factor that aviation industries have to take into account.

3. Future of the safety culture

Safety culture is a complex concept, and much research has been done in this area. However, safety culture is based on three elements: *technical aspects, safety management, human and organizational factors* [10]. The only unifying factor that can influence these factors in the company as a whole is its manager, leader. The role of the leader was and will always be the most important and decisive in everyday life, but especially in the crisis situation and the time of development. It is the leader who ensures that these elements develop in a balanced way, i.e., if the technical aspect changes, so must the safety management, human and organizational factors. An analysis of the future of aviation and automation leads to the conclusion that the most important element that will influence the future safety culture is the technical aspect. An increase in the number of aviation users will also play an important role in the future. Therefore, during the study, a lot of attention was paid to these directions. It is important to understand that changes in human and safety culture take a long time, and appropriate decisions on the necessary changes in the training of managers and specialists, the development of aviation teams must be made in a timely manner. It must be an ongoing process that is constantly evolving.

At the same time, the safety culture can be divided into five main components [11]:

1. Hazard identification and safety reporting.
2. Safety awareness.
3. Safety communication.
4. Willingness; and
5. Management-employee relationships.

Let's look in more detail at what changes should be taken into account based on analyses of the future of aviation and automation.

3.1. Hazard identification and safety reporting

As aviation systems become more secure with each year, remote sensors introduced during the automation process will become the main source of information on aircraft and the equipment that ensures their operation. This will strengthen the permanent remote link

between the aircraft and its pilot, maintenance personal, air traffic controllers and manufacturer. That will provide information on faults in a real time. This indicates that the principle of predictive approach will be followed in the identification of risks. By using the obtained data, the user will be able to perform a simulation and make the necessary adjustments in the automation process. The sensors exist already on the aircrafts, and they produce a huge amount of information. Only automation can process it and decide about the necessary action in a critical situation. This, in turn, causes difficulties for the pilot or operator, who is sometimes unable to understand the decision made during automation. As I mentioned above, the observation process leads to erosion of knowledge and skills. In this regard, in the event of an emergency, the operator needs additional visual or audio information that can explain the nature of the decision taken by the automation. Ergonomic of the working places have to be improved according to the new requirements. This example also shows the need for high-level specialists in airlines who would be able to organize data processing and staff training, thus also explaining automation processes and potential risks.

3.2. Safety awareness

Diversity of users, increasing intensity in aviation will require new approaches to the dissemination of safety information. Possible solutions will be a single database, which will be available to the relevant aviation sectors, thus facilitating the acquisition of the necessary information. An important factor is legislation. Safety standards and legislation are always lagging behind technical innovations and their implementation takes time, so it is useful to consider its centralized implementation and its digital publication according to the industry, the type of aircraft, thus improving the availability of information. Standards and legislation training for staff remains at the disposal of airline managers. Needless to say, the requirements for continuing training will only increase in the future due to the rapid changes in the aviation industries. Safety training should be started at the lowest possible level, for example in secondary school. The leading role of ICAO and regional organization will increase in this case.

3.3. Safety communication

Due to the increase in the number of aviation users, communication will play an important role, as it will be necessary to cover a wide range of aviation users, especially RPUAS, who will represent almost all sectors of the economy. It is clear that there will be a technical solution and that is virtual communication. Due to the huge amount of information, airspace congestion and drastic increase in the number of users, it will be important to have a unified communication from one or several places. The role of ICAO will increase. At the same time, regional aviation authorities will remain important element of management and local communication. Constant knowledge assessment of the safety rules for the employees will be part of the daily routine. This indicates the strengthening of the management vertical. In this context, it is also necessary to mention the importance of specialist certification that will help to improve the quality of the aviation employees.

3.4. Willingness

The leader has a big role in the implementation of the will of the safety culture, therefore their selection and continuous professional development play an important role. Automation will strengthen a strong control vertical, where the regulatory hierarchy will play an important role. This shows that a strong hierarchy of management organizations is needed, and that the managers of the airlines themselves must have a wide range of professional knowledge and excellent managerial skills. The manager can always realize his will within the company,

using the available means of influence. As one of the means, motivation will become an important factor in ensuring safety [13].

3.5. Management-employee relationships

In the future it is to be expected that many work tasks will be performed remotely. Due to the introduction of automation, the number of employees will decrease, but the level of professional requirements will increase. This will require the introduction of control over the development of employees' knowledge and improvement in distance learning programs. A new element will appear in the management-employee chain - artificial intelligence. The large amount of information that aviation professionals will encounter in the future will require the strengthening of data driven management.

As you can see, all of these components will continue to play an important role in the future, but each will require its own innovation. This change in the human factor and safety culture must take place gradually, in line with technical changes, automation. However, it is important to plan and train specialists in time. It is also necessary to understand that not all regions (countries) of the world will develop evenly, due to economic conditions. The gap between developed and poor countries will widen. It is necessary to plan the support of poor countries.

Conclusions

The safety culture combines ways of doing and ways of thinking, and its least visible layers are those that most influence the behaviour of actors. As it was mentioned, a new element (actor) is entering the field of aviation, which is becoming part of the safety culture and it is an artificial intelligence that has so far been implemented in the form of software, but it is already beginning to fulfil its responsibilities. Very soon we will start to use the phrase – factor of Artificial Intelligence. As the main conclusion from the study, it is necessary to distinguish the following:

1. A safety culture can reach a high level if all its basic components (technical aspects, safety management, human and organizational factors) are developed and improved in accordance with the requirements of time. Aviation leadership plays a leading role in this process.
2. The principle of regulatory hierarchy will become the style of future SMS management in aviation. Adherence to safety requirements will place greater responsibility on all aviation professionals.
3. In the course of automation, aviation will become safer and its specialists will become more process observers. Therefore, the aviation industry needs to change with the introduction of the latest technological solutions and, most importantly, the thinking of the people whose work involves the use and maintenance of aviation equipment.
4. Ergonomic of working places have to be adjusted according to the new requirements.
5. With large amounts of information that arise in the automation process, it is necessary to introduce artificial intelligence. An information will be stored and processed in the data clouds. For data processing and management, it is necessary to strengthen data driven management.
6. Software licensing and certification is becoming a very important issue for aviation safety. Specialists need to be trained and methods developed to implement these processes.
7. Risk identification will be more related to the information obtained during the automation process. This will strengthen the link between the operator and the

artificial intelligence, where it will be important for operators to understand the ongoing processes in order to make the right decision.

8. Simulation will become the part of risk assessment and mitigation. It means that risk management will become automated.
9. Cyber threats will become more widespread in aviation in the future.
10. Due to the gradual transition to full automation, it is important that aviation professionals have a deeper knowledge in cyber threats.
11. With the increase of the remote work approach, control of the performance quality of delegated tasks will become an important task. The role of motivation will increase in the future due to the remote work.
12. The elimination of monotonous work requires virtual tests, which would not allow operators to get used to uniformity. Continuous professional development and development of analytical skills, as well as certification, is one of the most important factors for ensuring safety in the future.
13. When working on automation, it is important to take into account the human factor, namely:
 - 13.1. The possibility for the operator to receive additional information (visual, voice) about the decision taken by the system,
 - 13.2. The operator must be able to eliminate the deficiencies in automation during the critical situation,
 - 13.3. The essence of automation processes must become an integral part of the daily training of operators.

References

1. Future of Aviation, Available at: <https://www.icao.int/Meetings/FutureOfAviation/Pages/default.aspx>.
2. UAS Operational Categorization, DOCUMENT IDENTIFIER: JAR-DEL-WG7-UASOC-D.04, JARUS.
3. SESAR European Drones Outlook Study, SESAR Joint Undertaking, 2016.
4. EUROPEAN AVIATION IN 2040 - CHALLENGES OF GROWTH, EUROCONTROL, 2018.
5. *From data to predictive analytics*, 2019, Honeywell, Available at: https://aerospace.honeywell.com/content/dam/aero/en-us/documents/learn/challenges/ebooks/eBook_PredictiveInsights.pdf.
6. *A proposal for the future architecture of the European airspace*, SESAR Joint Undertaking, 2019.
7. European ATM Master Plan: Roadmap for the safe integration of drones into all classes of airspace, SESAR Joint Undertaking, 2018.
8. Dr. Valerie J. Gawron, *Automation in Aviation — Definition of Automation*, January 2019,
9. KP Sanjeev Kumar, OCTOBER 23, 2019, *The issue of automation in aviation*, Available at: <https://verticalmag.com/features/the-issue-of-automation-in-aviation/>
10. *Safety Culture: from Understanding to Action*, Issue 2018-01 of the Cahiers de la Sécurité Industrielle collection, Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle (ICSI), Toulouse, France.
11. Tyler Britton, Nov 29, 2017, *What Is Safety Culture in Aviation Risk Management*, Available at: <http://aviationsafetyblog.asms-pro.com/blog/5-components-of-safety-culture-in-aviation-sms>
12. Tim Hepher, *Europe regulator sees first flying taxis in 2024 or 2025*, Available at: <https://www.reuters.com/technology/europe-regulator-sees-first-flying-taxis-2024-or-2025-2021-05-19>, 20.05.2021.
13. Aleksandrs Bitinšs, Juris Maklakovs, *Positive culture as element of safety and efficiency of airline operation*, Selected issues of modern aviation technologies, Kielce University of Technology, Kielce 2021, pp. 9-23.

MODERN CHANGES IN LOGISTICS ACTIVITY

Irina Davidoviča

Riga Aeronautical Institute
irina.davidovica@inbox.lv

Abstract

The COVID-19 pandemic is the defining global health crisis of our time and the greatest challenge we have faced since World War II. Since its emergence in Asia in 2019, the virus has spread to every continent and has hit almost all areas of activity.

The COVID-19 pandemic has brought significant changes, set in and made a massive impact on global trade and amplified existing logistics challenges around the world.

The article describes main situation, that has developed in logistics activity at the beginning the virus outbreak in China and Europe, presents a several amount of logistics tendencies for 2021 and in conclusion overiewing the Blockchain technology for overcoming crisis, which provoked the pandemic.

Key words: COVID-19, pandemic, crisis, logistics, logistics tendencies, blockchain

Introduction

An outbreak of deadly COVID-19 virus has not only taking the lives of people but also severely mutilated the economy. The crisis caused an imbalance in freight traffic related due to changes in demand, production suspension and restrictions imposition.

The lockdowns triggered rapid growth in e-commerce, putting additional strain on already strained freight networks.

Due to this situation, National Governments and International Organizations assigned the highest priority for support to ensure the continuity and stability of logistics and supply chain.

The year of hope - 2021, because distribution of vaccines has started worldwide with strong support from the logistics industry. The General Director of the International Air Transport Association (IATA) Alexandre de Juniac said: “Safely delivering COVID-19 vaccines will be the mission of the century for the global air cargo industry, but it won’t happen without careful advance planning”. According on a calculation in 2020, IATA estimates that around 7,8 billion doses will be necessary for a first (single) vaccination of the entire global population - a freight volume that would require 8,000 Boeing 747 cargo aircraft. Qualified refrigerated facilities across a global network of locations where the vaccines will be stored are also now an absolute necessity. [1]

Undoubtedly, the COVID-19, vaccination and aviation are very sensitive topics nowadays, as well as all logistics activity that has undergone changes.

Materials and Methods

The first victim of the beginning the pandemic was China, where demand has severely contracted due to production stagnation. According to the report released by the China Federation of Logistics and Purchasing (CFLP), on February 2020 China’s manufacturing Purchasing Managers Index (PMI) was 35.7 percent, down by 14.3 percentage points from January 2020 (see Figure 1.). In these 2 months, China’s total logistics freight volume was 4.5 billion tons, which was down by 19.8% as in comparison to the same period of 2019. To be specific, road freight volume was decreased by 24.8%, waterway freight volume was

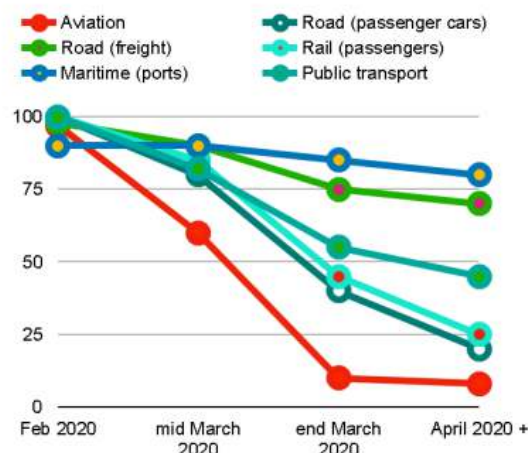
decreased by 14.8%, air freight volume was decreased by 13.8%, and inversely, railway freight volume was increased by 1.4%. [2]

During the spread of COVID-19 in China, rail transport became a key player for transportation, especially for medical goods, that’s why the railway freight volume was increased. The effective work showed Chinese customs services, which reduced the time for clearance of goods and has opened “green lanes” for medical goods.



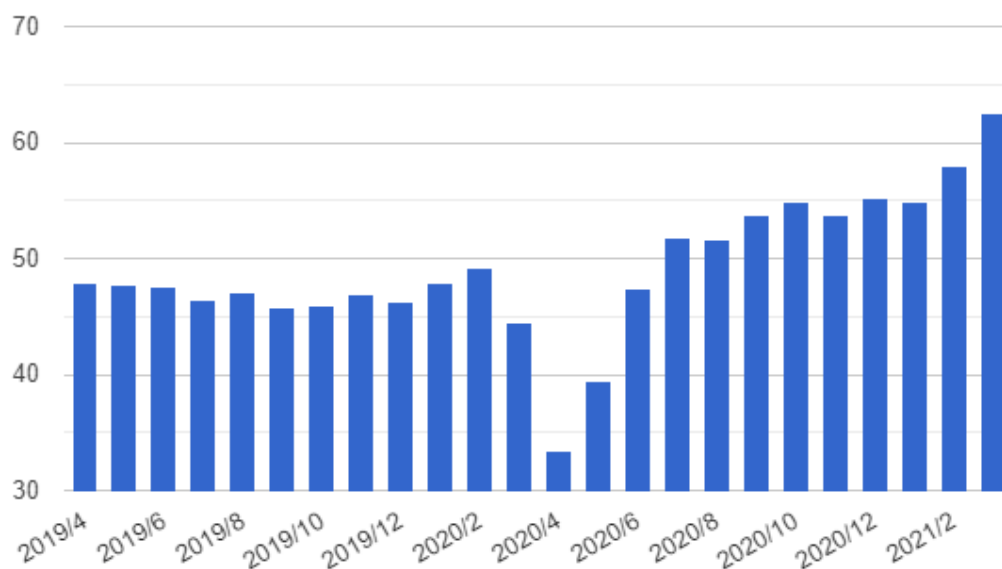
Source: National Bureau of Statistics of China
 Figure 1. China’s Manufacturing Purchasing Managers Index (PMI)

The COVID-19 virus was detected in Europe in early March 2020 and by the end of the month situation had changed dramatically. According to the report released by European Commission, air transport is the most affected sector, with more than 90% of programmed flights cancellation in 27 Member States of the EU. Passenger car traffic also decreased by nearly 90%, while public transport and passenger rail decreased by more than 50% in most Member States. The freight sector was more resilient, since supply chains were mostly kept open to support the continuing productive operations. [3] Changes in transport activity of EU27 see Figure 2.



Source: Data from EUROCONTROL, Google, Apple
 Figure 2. Changes in transport activity, EU27

According to Eurozone Manufacturing Purchasing Managers Index in April 2020 it was 33.4 percent, down by 10,1 percentage points from March 2020 and down by 14.5% as in comparison to the same period of 2019 (see Figure 3.). The prior low of 36.2 percent was seen during the peak of the global financial crisis in February 2009.



Source: The Global Economy Business and economic data
Figure 3. Eurozone Manufacturing Purchasing Managers Index (PMI)

Chris Williamson, chief business economist at IHS Markit said: “Eurozone manufacturing output plunged to an extent greatly exceeding any decline previously seen in the near 23-year history of the PMI survey in April, reflecting a combination of factors including widespread factory closures, slumping demand and supply shortages, all linked to the COVID-19 outbreak”. [4]

Results and Discussion

Adaptation to modern changes will help logistics industry to recover. New technologies, tendencies and the effects of COVID-19 will make an indelible mark on the outlook for 2021 and next future. Obviously, in the post-crisis period some of the following tendencies will persist and will be affecting the logistics industry around the world.

Dumping in the logistics market. Increasing competition for customers is leading to price dumping in the freight market, as the number of goods is reduced, and transport is idle. Many companies will not be able to withstand long-term dumping.

The COVID-19 crisis is “The Perfect Storm”- weak players are leaving the market. The logistics market will be forced to leave small and some medium-sized companies. According to Darwinian theory - “Survival of the fittest” is a phrase that originated from Darwinian evolutionary theory as a way of describing the mechanism of natural selection. [5]

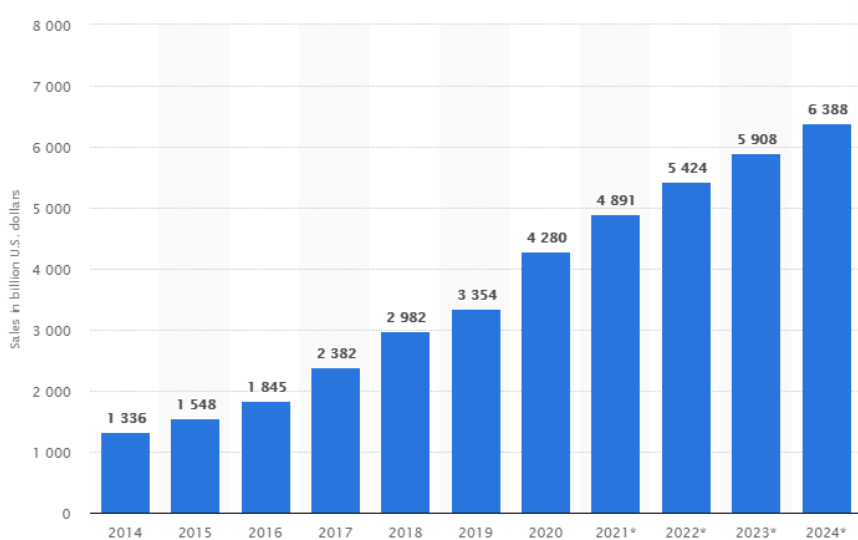
Those who have managed to save money in the years preceding the pandemic and have not overburdened themselves with significant obligations may be able to weather the storm and increase their fleet and market share. There is likely to be a period post-pandemic marked by a series of bankruptcies, mergers and acquisitions. [6]

Collaboration, cooperation and consolidation of services. Logistics and service companies has begun to collaborate, develop unique integrated offers for customers and, as a result, strengthen their joint positions by combining their services.

With popularity increase of e-shops and delivery companies, the e-commerce business keeps growing, from 2017 to the end of 2020, the global online trading market has doubled, from 2.3 trillion to 4.2 trillion U.S. dollars. (E-commerce sales worldwide from 2014 to 2024 see Figure 4.). It's estimated that there will be 2.14 billion global digital buyers by the end of 2021. That's a lot of potential customers. In fact, with an expected global population of 7.87 billion people, that's about 27.2 percent of the world's population shopping online. [7]

The market offers and requires fast shipping, high quality, reliability and nowadays there are many trending technologies that helps the e-commerce development. Providing better service means better competitiveness.

The e-commerce market growth leads to an increase in demand for address deliveries, especially for contact-free deliveries - is the trend for 2020 - 2021 lockdowns.



Source: Statista

Figure 4. E-commerce sales worldwide from 2014 to 2024 (in billion U.S. dollars)

Optimization and digitalization of the logistics sector have long been touted as the future of the industry. However, adoption has been patchy at best. The pandemic acts as tipping point to greater utilization of innovative technologies to enhance efficiency and promote cost-savings. The concept of digital transformation refers to the implementation of new technologies in all areas of a company to improve its efficiency. Thus, digitalization in logistics constitutes the integration of new digital capabilities in fields such as storage, order prep, and transportation, among others.

The digitalization of all areas of a company is a trend that will continue in the future. It's currently penetrating the main economic sectors, albeit at an uneven pace. According to a study by the consulting firm McKinsey in 2017, businesses are prioritizing the use of new technologies in their marketing strategies (49% have done so) and in their products and services (21%). Only 2% of those surveyed stated that they had introduced digital transformation initiatives in their supply chains. [8; 9]

The Blockchain technology becoming one of the emerging trends in the transport industry. One of the perspective directions of using blockchain technology in the cargo transportation field to ensure accuracy and veracity of records, what are displaying

performance, service history and various other vehicle performance over time. Another perspective way to use blockchain in the transport industry is monitoring the carrying capacity. One of the factor that affects the cost of transportation is the cargo volume and weight. The usage Internet technology of Things (IoT) sensors can help to determine the amount of space occupied by a particular cargo. This data can be used to calculate shipping costs. Storing this information in a blockchain-based system signed by a smart contract will allow automatic payments to be made based on the amount of space what occupied by the shipping cargo.

Conclusions

Logistics and e-commerce are inextricably linked. Advances in technology, heightened customer expectations, increased competitiveness and many other macroeconomic and political factors will all shape the future landscape of logistics and e-commerce.

Bearing in mind that new technologies development will only accelerate in the near future, transport companies should be aware of how the industry is changing. With increasing prices of a fuel costs, spare parts etc., transport companies should apply new methods and strategies to improve their efficiency. For the same purpose, they must look into future and be ready to invest in new equipment - smart devices and applying modern technologies.

Digitalization, especially the networking of logistical processes, provides more transparency in the supply and dispatch chains and thus better supply chain management.

The use-cases of blockchain for logistics include inventory tracking, better transparency, settling disputes, invoicing and payments. Even with these use-cases, there are many success factors for blockchain to succeed in logistics.

References

1. IATA. 2020. The Time to Prepare for COVID-19 Vaccine Transport is Now. Available: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-09-09-01/>
2. PMI Report on China Manufacturing. 2020. Available: <http://en.chinawuliu.com.cn/cflp-pmi/>
3. European Commission. 2020. Future of Transport: Update on the economic impacts of COVID-19. Available: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/202005_future_of_transport_covid_sfp_brief_.pdf
4. IHS Market. 2020. Markit Flash Eurozone PMI. Available: <https://www.markiteconomics.com/Public/Home/PressRelease/7344c5db768b4d27a4174697c342ec50>
5. Herbert Spencer 1864. Principles of Biology, Volume 1. Williams and Norgate. p. 444. But this survival of the fittest, implies multiplication of the fittest.
6. Corex. 2020. Logistics trends beyond the COVID-19. Available: <https://corex-logistics.com/news/logistics-trends-beyond-covid-19/>
7. Oberlo. 2021. 19 POWERFUL ECOMMERCE STATISTICS THAT WILL GUIDE YOUR STRATEGY IN 2021. Available: <https://www.oberlo.com/blog/ecommerce-statistics>
8. McKinsey Digital. 2017. The case for digital reinvention. Available: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-case-for-digital-reinvention>
9. Alina Bohdan. 2021. Global Logistic Technology Trends in 2021. Available: <https://www.sdexec.com/transportation/article/21307643/amconsoft-top-6-global-logistic-technology-trends-in-2021>

NON-FORMAL TEACHING METHODS IN HIGHER EDUCATION

Elza Sipola

Riga Aeronautical Institute
elza.sipola@inbox.lv

Abstract

This article presents information about learning methods, their advantages and disadvantages, as well as the possibility of using non-formal learning methods in higher education.

Key words: education; formal, non-formal and informal learning methods.

Introduction

Before we will talk about teaching methods, it is necessary to understand what education in general is.

A very precise definition of education at the beginning of the last century was given by John Dewey

Education is the process of facilitating learning, or the acquisition of knowledge, skills, values, beliefs, and habits. Educational methods include teaching, training, storytelling, discussion and directed research. Education frequently takes place under the guidance of educators, however learners can also educate themselves [1]

The European guidelines identify the educational process in any activity acquired by people, in the various stages of life, in order to improve their knowledge, skills and competences, from a personal, civic, social and occupational point of view, in a formal, non-formal or informal way. Therefore, forms of education can be distinguished according to the level of organization and structure, conditions in which learning takes place, functionality and applicability of knowledge, skills and attitudes and level of certification of learning outcomes. [2]

Materials and Methods

Thus, education is inextricably linked with the learning process. In modern pedagogical theory there are 3 types of learning - formal learning, non-formal learning and informal learning.

Laura López Ruíz in her article gives the following definitions of the types of training. [3]

Formal education is an organized education model which is structured and systematic. This model presents rather a rigid curriculum that corresponds to laws and norms. It's a presentational education. This means that there are students, teachers and institutions involved. Schools and universities use this method to teach their students. Formal education institutions are administratively, physically and curricularly organized and require from students a minimum classroom attendance. In formal education teachers and students have to observe, this involves intermediate and final assessments in order to advance students to the next learning stage.

In formal education you receive a degree or diploma at the end of the formation but there are also desired behavioural objectives. These objectives are rarely operationally established.

Assessments have a punitive, obeying and mono-directional methodology, and this fails to stimulate the students. But it also fails to provide for their active participation during this

progress. There's also another cause to this failure: the students' standards, values and attitudes are not considered in this education model.

It happens that in this kind of education teachers pretend to teach, students pretend to learn and the institutions pretend to really catering the interests of students and the society. Shortly this means that formal education fails to fulfill the real needs of students and the community.

Informal education covers a vast array of learning that all people take part in, in their lives every day. It covers activities like individual and personal research on a subject or interests for themselves by using books, libraries, informal trainers, the internet or other resources. Informal education also includes aspects whereby the individuals seek or want to learn a specific skill or when they look into a certain area and don't use formal or non-formal ways to learn. But informal education means also learning things without the learner realizing that he learned it. This can be any kind of information that the learner picked up from the television, radio, conversations with friends and/or family.

Informal education is often used in formal or non-formal education as a method of teaching. When television programs, films or internet are used to illustrate points, you may conclude that you are using an informal method. This does not mean that this is always informal. Even in the informal education some aspects are more informal than others.

1. *Informal learning outcomes may be validated and certified;*
2. *Informal learning is also referred to as experiential or incidental/random learning.*

Non-formal education has an adopted strategy where the student attendance is not fully required. The educative progress in non-formal education has a more flexible curricula and methodology. The activities or lessons of the non-formal education take place outside the institutions or schools. Here the needs and interest of the students are taken into consideration.

In turn, there are other definitions of types of education [2]

Formal learning refers to what takes place in the education and training system of a country. It is official, structured, organised by public organisations or recognised private institutions and results with formal certification and formal level of qualification which is recognised by relevant national educational authorities. Formal education is usually organised as full – time education and is organised as a continuous process with defined stages. Formal education encompasses primary, lower and upper secondary education, higher and university education that culminate in the achievement of a degree or a professional qualification or diploma or a recognised certification as well as adult education programmes.

Non-formal learning is characterised by a deliberate choice of the person, which takes place outside of the systems mentioned above, in any organisation pursuing educational and training purposes, even volunteering, the national civil service, private social service and in enterprises. Thus, non – formal education is any type of structured and organised learning which is institutionalised, intentional and planned by an educational provider, but which does not lead to formal level of qualification recognised by the relevant national education authorities. People of all age groups can participate in non - formal education which can be offered through courses, workshops, seminars.

Informal learning, lastly, is also developed whether or not there is a deliberate choice and is realised in the performance, by any person, of activities in everyday situations and interactions that take place in them, within the context of work, family and leisure, i.e. it is without external support and is not institutionalised. In the educational process, therefore, the

soft dimensions come into play such as teaching styles and management of interactions that enable, especially those who do not have access to the resources that allow them to be active and able participants, to make use of knowledge to achieve their personal ambitions. Furthermore, this also attenuates or reinforces motivations, expectations, intentions, self-representations and practices of inclusion and exclusion, discrimination and social hierarchisation.

Results and Discussions

There is comparison of types of learning in the table 1.

Table 1

Comparison of types of learning

Learning type	Advantages	Disadvantages
Formal	<ul style="list-style-type: none"> · Known form of education · Trained teachers · On a regular basis · Leads to a formally recognized credential 	<ul style="list-style-type: none"> · Formal · Rigid · Program · Classroom-based · Educational standards · It does not consider the students’ standards, values and attitudes
Non-formal	<ul style="list-style-type: none"> · Flexibility in organization and methods · Acknowledging the importance of education · After-school programs · Community based organizations · Can lead to greater confidence in formal classroom 	<ul style="list-style-type: none"> · Drop-in: attendance is inconsistent · It doesn’t result in a degree/diploma · Teachers are not trained but have experience
Informal	<ul style="list-style-type: none"> · Can take place in almost any other location · Use a variety of methods · Lifelong education 	<ul style="list-style-type: none"> · Tends to be unpredictable · Going with the flow · Conversations or internet may have wrong information

Higher education is tertiary education leading to award of an academic degree. Higher education, also called post-secondary education, third-level or tertiary education, is an optional final stage of formal learning that occurs after completion of secondary education.

In the knowledge society, in which the trajectory of social development is fragmented by the pace and scope of change in social connections, education should lay the foundations for a new and different kind of social order. This refers to the concept of competence which by definition refers to the subject (as an intrinsic feature) and therefore implies a radical reinterpretation of the models of education, training and work, and shows a real function of orientation where the imperative is to gain the ability to adapt to multiple and varied contexts, to live in complexity and adopt continuous innovation.

Conclusions

Thus, the using of non-formal learning methods in the face of ever-changing demands on the labour market is becoming vital.

These methods include:

1. Student led discussion;
2. Students use their biography and self-learning to complete a project;
3. Work based learning or practical placement where learning is done outside of the classroom/lecture theatre. Increasingly in use by educators;
4. Use of DVD or television shows, podcasts developed by teachers.

Often these approaches use informal means – however these still support a transmissions mode of education.

In this example 1 being very informal and the higher the number the less informal it gets.

There are 2 features in the non-formal education that need to be constant:

- Centralization of the process on the student, as to his previously identified needs and possibilities;
- The immediate usefulness of the education for the student’s personal and professional growth.

Because of the importance of the interests and needs of the students, this form of education meets the individual needs better. Non-formal education is focused on the student and this will have as result that the student participates more. When the needs of the students change the non-formal education can react quicker because of its flexibility.

References

1. Dewey, John (1916). *Democracy and Education*. The Free Press. pp. 1–4. ISBN 978-0-684-83631-7.
2. Education (formal, non-formal, informal). Available at: http://www.young-adults.eu/glossary/listview.php?we_objectID=193 (seen 07.02.2020.)
3. Non-formal education vs. formal and informal education. Available at: <http://trawcoe.com/non-formal-education-vs-formal-and-informal-education/> (seen 07.02.2020.)

OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF A TRANSPORT PROCESS USING FREIGHT TRAFFIC STATISTICAL MODELLING METHODS

Anna Maslovska¹, Emma K. Shidlovskaya²

Institute of Aeronautics, Riga Technical University

rilo3@inbox.lv, shidlovska@inbox.lv

Abstract

The paper is devoted to optimization of a transportation process using freight traffic statistical modelling methods. The main idea is to study the flow of cargo in the company for developing the model for describing cargo flows and applying this model for forecasting cargo flows. The forecast is used to find minimal order quantity point for the warehouse. This point is used to develop a freight flow optimization model. Two-route cargo flows are studied on two scales, weekly and monthly.

It is shown that proposed in this work optimization model reduces storage costs by 5% and improves the transportation process. It is demonstrated that forecasting method which includes seasonal component can be applied successfully to the calculation of the inventory's optimal order quantity. The results may be useful for resource planning in the company under study. The optimization method can be applied to supply chains, public warehouses in logistics centers, etc. It may give possibility to ensure maximum consumer demand satisfaction.

Keywords: time series, multiplicative model, discrete Fourier transform, Supply Chain Management, warehouse inventory,

Introduction

The popularity of food-supply chains worldwide is growing rapidly and their customers expecting the highest service and quality throughout the year. As a result, supply chains are expanding their range of activities; they remain more and more comprehensive and complex. The major challenge and pressure arises from the fact that communication and all processes should take place as quickly, accurately and safely as possible. These requirements affect not only the warehouse but also producers, suppliers, customers and other interested parties [2].

Working in the logistics supply chain, the author has noticed the following: the flow of transportable cargo is not steady during the year. This may cause serious problems in the warehouse management system and complicates the delivery process because the inventory level of the warehouse is not constant. In order to solve problems in the delivery process, it is necessary to study and forecast cargo flows and to perform warehouse inventory optimization. The purpose of this optimization is to reduce warehouse costs and to ensure a stable minimum inventory level in a warehouse to exclude commodity-deficit situations [1]. The object of the research of the paper is the company's cargo flow in the conditions of an unstable market. Seasonal demand forecasting is how inventory teams identify and manage the peaks and troughs in demand that some items experience at certain times of the year. The subject of the paper research is the periodicity and seasonality of cargo flows as well duration of the season.

At the beginning, we have studied the main activity of the company, as well as the undertaking's basic logistical processes [5]. After that, we described the basic principles of the dynamic row theory and the characteristics of the dynamic row. In this research, we

offered statistical models for forecasting cargo flows and made forecasts for cargo flows. Next part was dedicated to the criteria for the warehouse's efficient operation and the basis for inventory management. Finally, we offered a freight flow optimization model based on developed criteria and a warehouse optimization calculation with this model.

Materials and Methods

For the forecasting process following information was needed – delivery day and gross weight. The first step of study is determination of flow correlation. By knowing the turnover over three years, we can calculate the material flow correlation coefficient. This is necessary to set the period as precise as possible. The parameters that are used to compile the correlogram are following: L - selected period; l – deviation; l_{max} - maximum deviation. The maximum deviation determines the maximum time period that the correlogram chart will be able to display (figure 1). As a result, a correlation coefficient is obtained - a measure of the degree of linearity of the relationship, denoted as r .

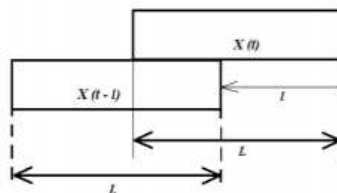


Figure 1. **Autocorrelation method. $X(t)$ – data under search; L – selected period; l – shift**

Forecasting usually chooses one between two forecasting models: additive model and multiplicative model [1]. In the both models we consider the following components: trend $T(t)$ (describing long-term tendencies), Seasonal component $S(t)$, Random component $G(t)$. In the additive model these components are summarized:

$$X(t) = T(t) + S(t) + G(t) \quad (1)$$

In the multiplicative model components are multiplied:

$$X(t) = T(t) * S(t) * G(t) \quad (2)$$

The choice between these two models is based on an analysis of the structure of seasonal fluctuations. If amplitude of the fluctuations is approximately constant, we can choose additive model. If the amplitude of seasonal fluctuations is changing multiplicative model should be used.

Trend $T(t)$ is obtained as moving average or geomean. After having $T(t)$ we obtain $Y(t)$ through equation:

$$Y(t) = \frac{X(t)}{T(t)} \quad (3)$$

Seasonal component $S(t)$ is obtained from $Y(t)$ excluding small insignificant amplitudes. It is important to separate cyclic component and seasonal component if the data has two different periodicities: short term periodicity (described as seasonal) + long term periodicity (described as cyclic). Determination of the seasonal component was performed using discrete Fourier transform. This method examines the series members of a function according to the harmonic oscillations with cyclic frequencies $\omega, \omega_1, \omega_2$ etc., called the first, second, third, etc. We use MathCad to perform discrete Fourier transform [3]. To find the

cyclic component we will use 48 points of the forecasted cycle $Y(t)$ (1 year = 48 weeks.) We take function distribution whose general appearance is $c - n = c_n$ where c_n is function complex conjugate; $r = |c_n|$ modulus of the number; ϕ – argument of number c_n . When we know represented as:

$$F(j\omega) = \int_0^{(N-1)T} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (4)$$

To find the Fourier projection, the value of ω should be determined for these points. The angular frequency $\omega = 2\pi V$ is often used to characterize oscillations; where π = ratio of length to diameter of the circle; $\omega = 2\pi / P$, so that the function is given by points, in this case $P = N$ - number of selected points. The period of oscillation P is the time of one complete oscillation. The oscillation period is the inverse of the frequency: $P = \frac{1}{\mu} = \frac{2\pi}{\omega}$. The instantaneous state of body oscillations is characterized not only by the deviation x , but also by the angle $\phi = \omega_0 t + \phi_0 = 2\pi Vt + \phi_0$. Using the discrete Fourier transform, complex Fourier coefficients are obtained. The set of these harmonics consists of oscillations:

$$S(t) = a_0 \cdot \cos(\phi_0) + a_1 \cdot \cos(\omega t + \phi_1) + \dots + a_n \cdot \cos(n * \omega t + \phi_n) \quad (5)$$

After we perform Fourier transform of $Y(t)$ we obtained seasonal component $S(t)$ omitting contributions with minor amplitudes. The results are presented on Figures 2. and 3.

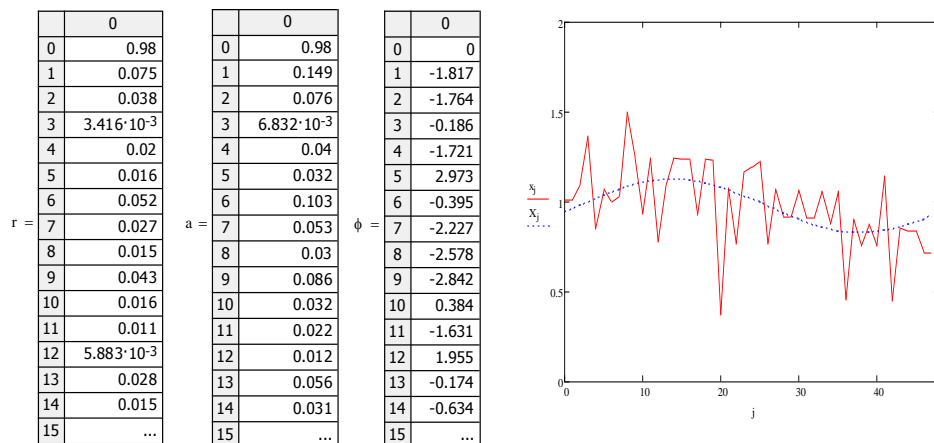


Figure 2. **The results of discrete Fourier transform** Figure 3 **The result of Fourier transform after minor contributions were excluded** where a – amplitude; ϕ - phase).

The returned array has the same size as the array that is considered the argument. After entering the data into the software, we got three tables, that show which of all amplitudes affects function the most (figure 2). We obtain a graph of the result, which shows two curves: x and X curves. x curves indicate the initial data flow; X indicates what values are obtained after using the Fourier discrete transform. As a result, we obtained the following curve $C(t)$, which is hereinafter considered a cyclic curve. Based on the $C(t)$ and $T(t)$ curves, we create the forecast curve $P(t)$. The results of the forecast are shown on the chart Where $P(t)_1$ - first forecast; $T(t)$ - linear trend; $C(t)$ - cyclic component. The forecast is calculated according to the formula:

$$P(t)_1 = T(t) \cdot C(t) \quad (6)$$

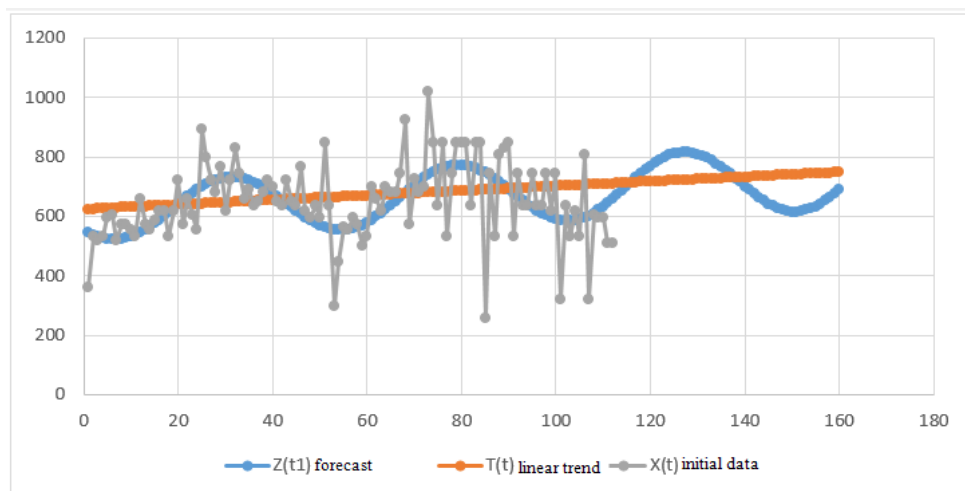


Figure 3. Construction of the first forecast for the material D

Judging by the graph, it is well seen that the data is described very roughly, the forecast does not describe the real data Max. and Min. points, which means that there are other periodic liabilities that cannot be described by the cyclical component $C(t)$ because their periodicity is much shorter. To investigate this, we need to find the random component $G(t)$ and analyze their periodic liabilities. To find the random component we use the formula:

$$G(t) = \frac{Y(t)}{S(t)} \quad (7)$$

To study the relationship between the data, we have to divide the last points of the $G(t)$ component in the Fourier projection to find which circumferences and phases make up these frequencies. The estimated flow period is 8 weeks. Examining the data after 48 points, it can be seen that the maximum input is between amplitude 2 and amplitude 6. Amplitude 6 proves the periodicity of 8 weeks. $48/6 = 8$. Examining the data after 64 points, one can see the maximum contribution to 8 amplitudes, which proves the veracity of previous calculations (figure 4). The maximum period of 8 weeks can be seen in the 48-point calculation, which were used in upcoming calculations. The contribution of amplitude 2 can be ignored, as there is no other calculation to prove their effect.

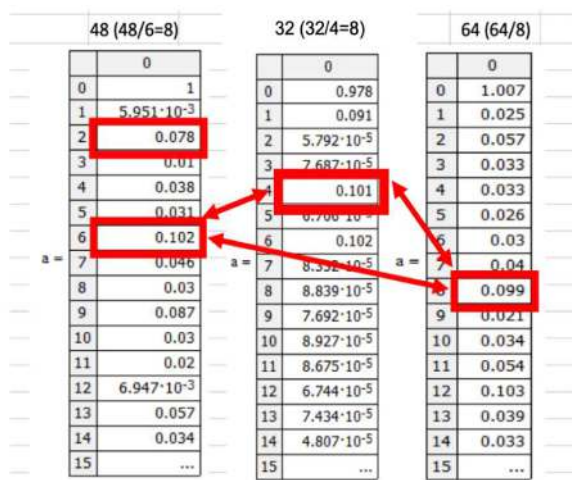


Figure 4. Discrete Fourier transform results by 48 points compared to 32 and 64 points (different time periods).

The random component is represented on a graph. It is mandatory to add a correlogram to the case component to see if there is any interconnection between the data (figure 6). Judging by the correlogram, it can be seen that the correlation of the data is minimal, the cut-off values of the correlogram are -0.35 , $+0.32$, which corresponds to the limits $0.2 < |r| < 0.49$ weak and insignificant correlation. This means that finding the second seasonal curve precludes further correlation of the data.

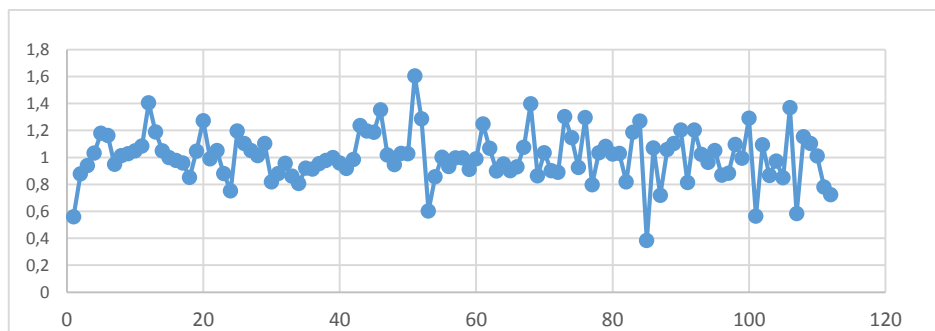


Figure 5. Random component $G(t)$ of the material **D**

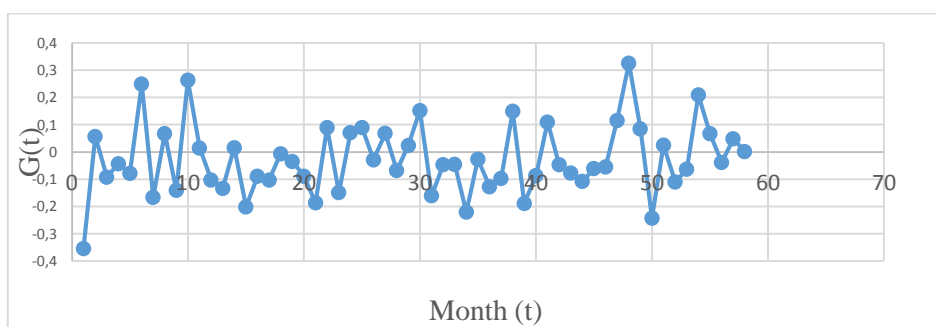


Figure 6. Correlogram of the material **D** - $G(t)$ curve.

Results and Discussion

In the research process, calculations with a multiplicative model were performed. As a result, we obtained material forecasts. For material **A** - Camembert Bergspitz 25g. – annual forecast based on data for 36 months with a seasonal period of 12 months, without explicit cyclic components. Forecasting model – multiplicative (figure 7). For material **B** – butter fly 10g. – year forecast based on data for 51 months, with a seasonal periodicity of 12 months, without express cyclic components. Forecasting model – multiplicative (figure 8). Material **C** - Gin Bombay Sapphire 47% 0.5L GL - annual forecast based on data for 54 months with a seasonal period of 9 weeks without a cyclical component. Forecasting model - mixed additive - multiplicative (figure 9). For material **D** - Butterrosette 15G TK -H - annual forecast based on data for 112 weeks, with a short - term period of 16 weeks, a seasonal period of 32 weeks and pronounced cyclic components for 48 weeks. Forecasting model - multiplicative (figure 10).

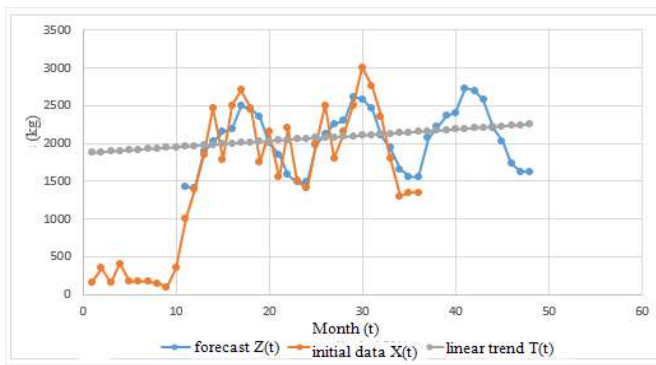


Figure 7. Material A forecast

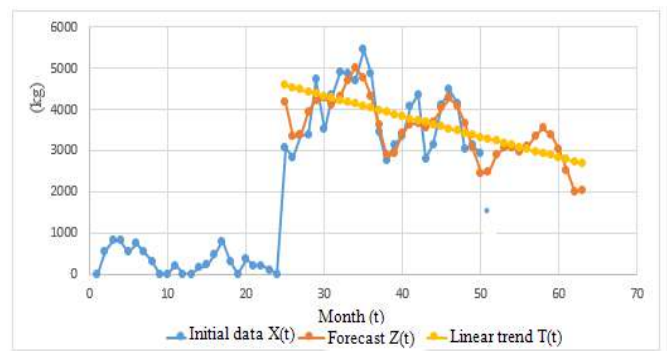


Figure 8. Material Butter Fly forecast

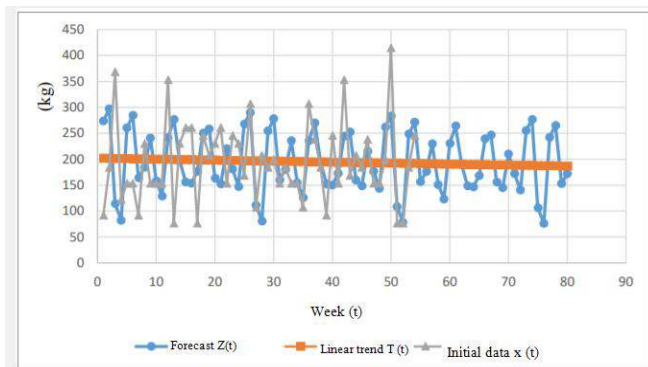


Figure 9. Material C forecast

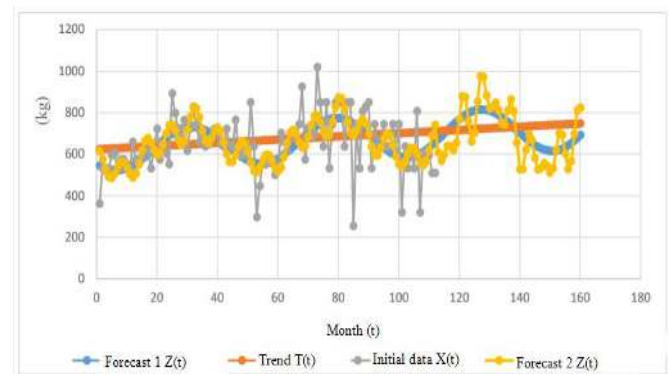


Figure 10. Material D forecast

For material **E** - Sahne süß 33% FR -HI - annual forecast based on data for 112 weeks, with a short-term period of 4 weeks and a seasonal period of 24 weeks. Forecasting model – multiplicative. For frozen cargo flow - annual forecast based on data for 36 months of time period 01.03.2017-01.02.2017 with seasonal periodicity 9 months. Forecasting model - multiplicative.

In the warehouse cargo optimization part, the supply chain operation criteria were defined - stock maintenance time in the warehouse, annual costs for the use of the warehouse, material delivery costs - which allows to evaluate the efficiency of the supply chain operation. The material **D** has a pronounced seasonality (figure 10), which should be followed. Ordering products before their demand increases significantly within the seasonality. The performed research allows to optimize the inventory management process, control the level of stocks in the warehouse, take into account changing market conditions. The resulting optimization model: improves the company's performance, i.e. - reduces warehousing costs by $\approx 5\%$. In the optimization process, the amount of warehouse safety stock levels was determined, based on which the re-order points was calculated for the forecasting periods.

Conclusions

Our study is showing that data repetition periods are varied from 8 months to 12 months. It means that when we are using multiplicative model for forecasting seasonal component $S(t)$ will have period varied from 8 months to 12 months. In our opinion, we can trust our forecast because it describes the maximums and minimums of freight traffic, and the

difference between forecasted and real data does not exceed relative error of 15%. In order to improve warehouse material planning (sales orders, shortage of materials, expedited orders, due dates, marketplace demand, etc.) we should take into account that some freight flow have seasonal nature.

An inventory optimization model based on the results of forecasting has been developed. The model uses the requirement that there are deficit-free conditions. This model includes economic order quantity (EOQ), safety stock measurements, reorder points what gives us opportunity to manage unstable conditions. At the time of delivery, based on the forecast, the quantity required will be delivered in line with the flow. It gives us possibility to assemble trucks with different materials taking into account seasonality characteristics and, as the result, ensuring constant cargo occupancy. Warehouse inventory optimization described above leads to annual costs decrement by 5% averagely.

Proposed in this work inventory management system may be useful for many companies working with material planning. It gives possibility to monitor reserves and to replenish stock in time. To reach maximal warehouse performance companies should follow up freight flows tendencies, to perform flow forecasts and to compare forecasted freight flows with real flows for improving forecasts methods. Our experience shows that the forecast taking into account seasonal contribution can be successfully applied to predict quantity of orders.

References

1. Carslaw, H. Scott. Introduction to the theory of Fourier's series and integrals. – Cambridge: Dover Publications, Inc, 1929. – 215.-265.
2. Jonathan D. Cryer Kung-Sik Chan. Time Series Analysis With Applications in R. – University of Iowa Iowa City
3. Hanna, J. R., Rowland, H. J. 1914-2005. Fourier series, transforms, and boundary value problems. – New York, Wiley – Interscience Publication, 1990. – 68-102.
4. Muller M. 2009. Essentials of inventory. Management (Second Edition). – New York: Amacom press, 2003. – 30-180.lpp.
5. Tompkins, James A., Smith Jerry D. The Warehouse Management Handbook. – North Carolina: Tompkins Press, 1998. – 60-154.
6. R.I. Phelps, Optimal inventory rule for a linear trend in demand with a constant replenishment period, Journal of the Operational Research Society 31 (1980) 439-442.

REVIEW AND PERSPECTIVES OF UAS (UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS) USE FOR TRANSPORTATION AND MONITORING

Vladimirs Reiskarts

Riga Aeronautical Institute

v.reiskarts@rai.lv

Abstract

The aim of this article is to analyse the existing situation and present the trends and benefits of UAS technologies for further Blue Bioeconomy development.

In the framework of this article the development of UAS, its classification, characteristics, economical aspects of usage, perspectives and potential in transportation, logistic systems are analysed.

The resource management (forecasting, monitoring) and supply systems (logistics, transportation) - specific and sufficient areas in parallel with the value chains from aquatic biomass to products and markets in Blue Bioeconomy are promising and beneficial for UAS successful usage.

Keywords: UAS (Unmanned Aircraft Systems), Aquatic Bioresources (BlueBio), Monitoring and Supply

1. Introduction

Bioeconomy has made substantial contribution to the global socio-economic growth; in the UK for example, it injected over £200 billion gross value into British economy and supported 5 million jobs by 2014-2016 [6].

As a result, “bio-industry,” which is one of the core elements of the EU economy known as “bioeconomy,” will play an important role in stimulating sustainable growth and making Europe more competitive through the reindustrialization and revitalization of rural areas, thus providing tens of thousands of jobs in the areas of research, development, and production over the next decade [1]. Latvian Bioeconomy Strategy 2030 [9] is a long-term strategy for one of the priority directions of economic development of Latvia.

The objectives of LIBRA are to be implemented within three main fields:

- 1) promotion and preservation of employment in bioeconomy sectors up to 128 000 employees;
- 2) increasing the added value of bioeconomy products to at least 3.8 billion EUR in 2030;
- 3) increasing the value of bioeconomy export production to at least 9 billion EUR in 2030 [9]

Bioeconomy is defined in various ways. Therefore, the definition of the bioeconomy included in the Communication of the European Commission on 13 February 2012 of the European bioeconomy was adopted as a basis. According to this definition, the bioeconomy involves the production of renewable resources of biological origin on land and in the sea and the use of these resources and waste streams to produce value-added products such as food, feed, bioproducts, and bioenergy [1].

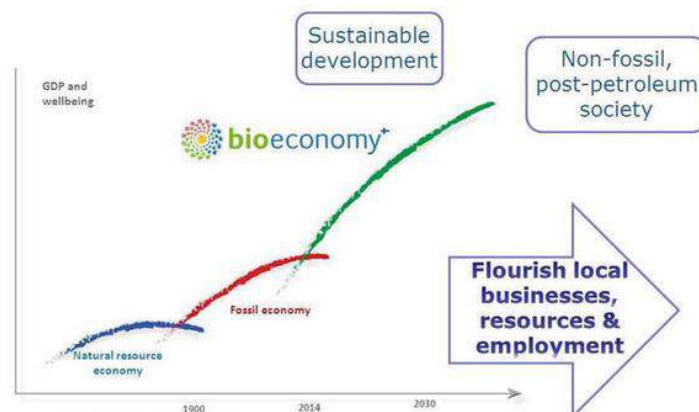


Fig. 1 The concept of transition through successive stages of economic development in relation to resources [1]

Construction of new value chains based on the development of sustainable biomass collection and supply systems with increased efficiency and better use of biomass resources (including cogeneration and by-product management) while using and valorizing waste and biomass.

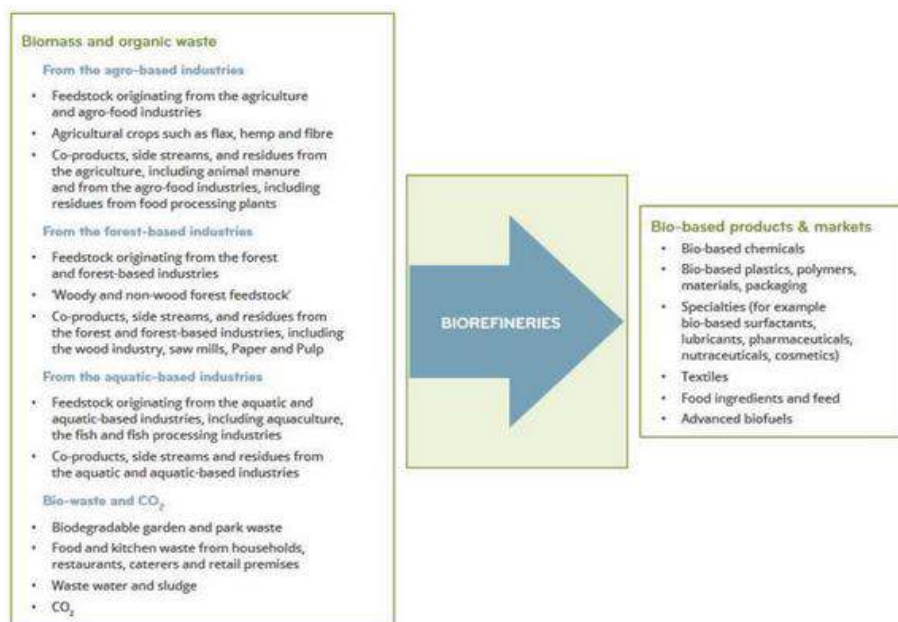


Fig. 2 Value chains in the bioeconomy [1]

BlueBio aims at achieving a sustainable and competitive blue bioeconomy in Europe. Latvia is one of the Baltic Sea Countries with extensive Aquatic Bio resources (BlueBio) potential and Latvia Bioeconomical strategy 2030 is the priority for Economy development. It is important to generate knowledge for blue bioeconomy value chains and improve the transfer of bio-based products and services from research, innovation and demonstrations to production scale implementing the multi-actor-approach. BlueBio contributes to the production of safe, nutritious and valuable bio-products and services, while applying the food first principle. BlueBio launches calls to attract projects that work on the use and value-added of aquatic biomass in integrated value chains from primary production to processing, generating innovative products and services within the bioeconomy. The aquatic biomass can be either caught, harvested or produced in marine or freshwater in water or on land.

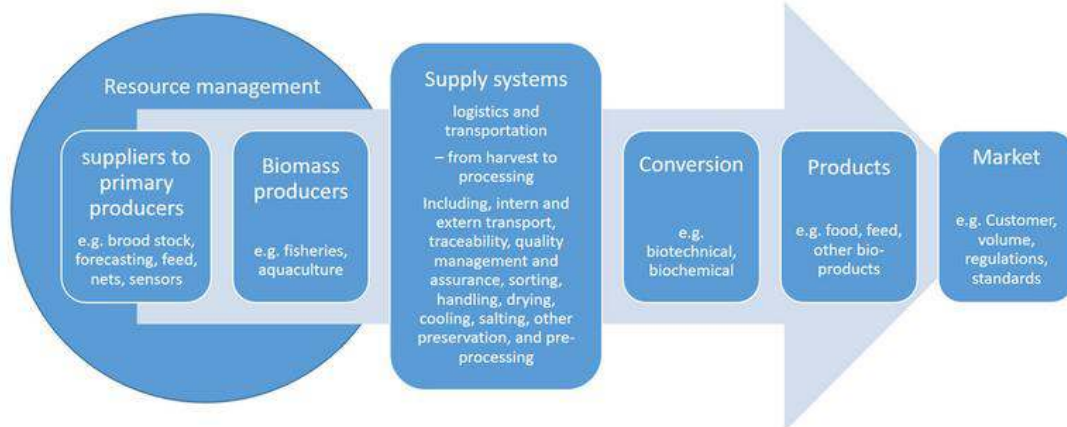
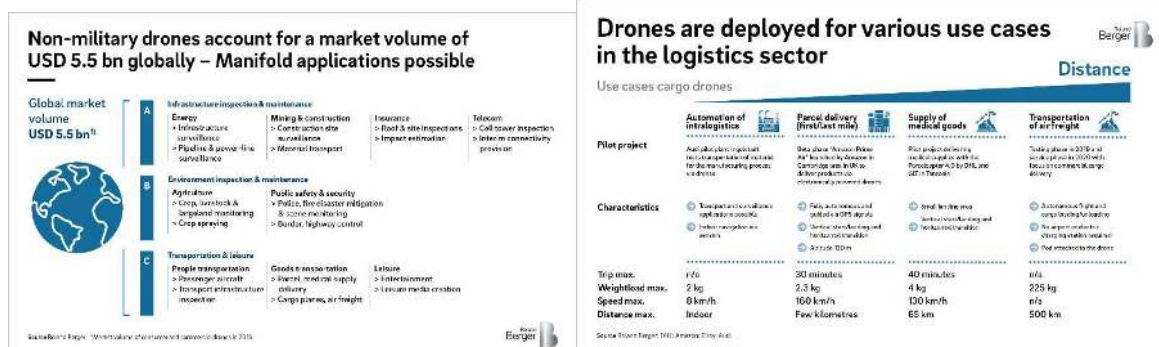


Fig. 3 Blue Bioeconomy value chain [2]

A global bioeconomy requires adequate resource management and logistical infrastructure to support trade of biomass feedstock and intermediates. An integration of biomass trade streams with existing supply chain infrastructure, originally constructed for other goods, presents an opportunity to efficiently enable such growth. Another more revolutionary way is to implement UAS in the areas with undeveloped infrastructure, with low density of population, in areas with communication difficulties and in cases with special delivery depending on characteristics of biomass, conversion technologies or consumer demands. This article deals with the pros and cons of UAS usage for resource (biomass) management methods and UAS based supply systems for logistics and transportation.

2. State of art in the sphere of UAS usage for freight transportation and monitoring

Recent years have shown that unmanned aerial vehicles (UAV), commonly termed ‘drones’ and UAS, have the potential to become an iconic technology of the 21st century. Drones combine three key principles of technological modernity - data processing, autonomy and boundless mobility. They provide access to (new) spaces and enable their analysis with the help of unprecedented methods of data collection. These capabilities, previously a privilege reserved to the military, are now increasingly incorporated into civil domains. Thus, drones generate potential use-cases ranging from surveillance/sensing missions to novel forms of logistics and passenger transportation, passenger drones, so called ‘air taxis’, have already proven their technical ability to transport passengers within or between cities [7]. This illustrates not just a historical turning point in aviation but marks the beginning of a new era where low level airspace may become the ‘third dimension’ of transportation. Regardless of their application, drones are driven by a general motivation to make processes faster and more flexible, while improving precision and cost-efficiency [8]. As a consequence, the commercial use of drones is associated with vast economic opportunities.



The European Commission estimates an economic impact of 10 billion € annually by 2035 (15 billion € annually by 2050) and envisions the creation of more than 100,000 direct jobs.

Considering indirect macroeconomic effects in drone-related industries the Commission even anticipates 250,000 to 400,000 additional jobs [12]. Similarly, the US foresees the creation of 100,000 jobs over a ten-year period (2015–2025), accounting for an economic impact of \$82 billion on activities directly and indirectly related to drones (FAA, 2016) Huawei’s Wireless X Labs and SPO Lab divisions have engaged with our partner Keystone Strategy to analyze the UAS market, and the potential value capture mechanisms that may be employed by ecosystem companies. Keystone forecast the UAS technology market in 5+ years time at \$12 - 33 billion in the U.S. and \$41 – 114 billion globally.

Zephyr Program - the Airbus modern top of drone technology successful demonstration in transportation. The original target mission of the Zephyr is to provide local persistence at an affordable price with a re-usable solar-powered aircraft, providing a wide scope of applications, ranging for example from maritime surveillance and services, border patrol missions, communications, forest fire detection and monitoring, or navigation. Operating in the stratosphere at an average altitude of 70,000 feet / 21 kilometers, the ultra-lightweight Zephyr has a wingspan of 25 meters and a weigh of less than 75kg, and flies above weather (clouds, jet streams) and above regular air traffic, covering local or regional footprints [13].



Transportation is very important and promising field for UAS technologies implementation.

Companies are always looking for ways to streamline their operations. For many of them, that means seeing how drones might help. Airbus chose Singapore as its testing ground for a pilot that involves depending on drones to deliver goods to ships anchored offshore. The parcels have a maximum weight of approximately 3 pounds.

Using Drones to Move Medical Samples. Drones could also be advantageous when dealing with delicate, time-sensitive samples. At least, that’s the hope of a hospital system in North Carolina that’s using drones to carry patient specimens. For now, most of them get transported in courier cars, but the organization believes drones could be beneficial for avoiding issues such as road traffic backups. In another instance that combines medical deliveries and drones, people in Ghana will receive medical supplies- including blood for transfusions - via drones. Supporters of this initiative say it could be exceptionally useful for getting things to remote areas substantially faster than road-based vehicles could.

A Push Towards Sustainability in Storage and Transport. Companies that ship things to their customers increasingly look towards ways to promote sustainability. They know doing that could save them money and please customers at the same time. For example, bulk bags store hundreds or thousands of pounds of dry products, keeping them safe during storage or transport. Consider that 42 million bulk bags get used annually every year,

representing an average annual growth rate of approximately 15 percent. Bulk bags are strong enough for reuse, letting companies cut down on wasted resources. Similarly, there are reusable shipping envelopes and boxes for smaller quantities of goods. When companies choose those, they can move towards more sustainable practices. So, how do drones assist with increased sustainability? They can't hold the large quantities that bulk bags do, but like bulk bags, they fit into the broader emphasis on sustainability in shipping. According to a study, drones use less energy than trucks in some cases. More specifically, researchers found that in states like California that have access to sustainable fuels for drones, the carbon footprint is smaller for a drone trip than it would be in instances where states are more dependent on fossil fuels. Plus, it's important to keep in mind that people are hard at work creating cargo drones to carry significantly larger loads — maybe even bulk bags. For example, at one startup, tests are underway with prototype drones that are 30 feet long and carry 700 pounds and could travel as far as 2,500 nautical miles. These trials are just “taxi tests” on bodies of water now, but the research team will get these drones ready for their first flights in an upcoming phase. Analysts predict that the worth of the drone logistics and transportation industry will surpass \$29 billion by 2027. And, it's arguable that an increase in dedicated research could help scientists to overcome obstacles and make lasting progress.

That's why it's good news that a research team from Carnegie Mellon University received a federal grant worth \$2.5 million and will use some of the funds to examine the energy implications of autonomous technologies including drones — specifically to handle the first and last-mile segments of deliveries. Those are the most costly and energy-intensive portions. The researchers will also get input from companies in Pittsburgh, including Amazon, during their project. It's too early to say now what kind of impact this academic study might have. But, if successful, it could encourage more enterprises to consider drones for some of their shipping needs.

An Exciting Future in the Shipping Industry.

These examples show how drones could drastically change how things get shipped. If that happens, items could reach their destination in a way that saves energy [4].

Today there are many examples of UAS usage in the spheres of Bioeconomy and Biotechnology. UAVs equipped with off-the-shelf sensors perform air pollution monitoring tasks. Experimental results showed that an implicit priority guides the construction of pollution maps by focusing on areas where the pollutants' concentration is higher. This way, accurate maps can be constructed in a faster manner when compared to other strategies. The use of sUAVs in intertidal monitoring assessed for a rocky intertidal is very effective, an intertidal survey method should be completed quickly and cover a large spatial area, but also have high enough taxonomic resolution so that accurate and detailed biological descriptions of large intertidal areas can be made. It is suggested that small Unmanned Aerial Vehicles (sUAV) equipped with a high-resolution camera may be used to spatially expand biological intertidal sampling. This methodology has been tested for an ongoing rocky intertidal and intertidal seagrass monitoring program in the Gulf of Alaska [3].

The use of satellite systems and manned aircraft surveys for remote data collection has been shown to be transformative for sea turtle conservation and research by enabling the collection of data on turtles and their habitats over larger areas than can be achieved by surveys on foot or by boat. Unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones are increasingly being adopted to gather data, at previously unprecedented spatial and temporal resolutions in diverse geographic locations. This easily accessible, low-cost tool is improving existing research methods and enabling novel approaches in marine turtle ecology and conservation [11].

Structure from Motion and Multi-View Stereo reconstructions from Unmanned Aerial Vehicles imagery (UAVSfM) have the potential to increase fieldwork efficiency by providing a greater amount of spatial information in less time. For example, in research of mangrove forests, which could pose challenges in areas of high forest complexity and density. So the extensive and hard-to-reach area complicated monitoring and cargo transportation are the promising fields for UAS intensive usage [10].

Basically Unmanned Aircraft System consists of 3 parts: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Communication Module (CM) and Ground Control Station (GCS).

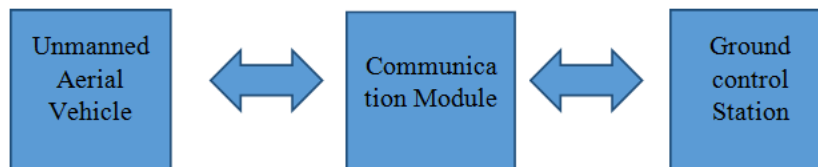


Fig. 4 Unmanned Aircraft System [5]

Usually UAS carry out strictly defined individual tasks from surveillance to action. It is possible to unite UAV and create the complex UAS for multitask usage. In the [5] algorithms for area coverage in non-communicative and communicative surveillance by team of monotype UAV are presented. But the more challenging task is to unite different types of UAVs in one team for solving multitask problem in bioeconomy value chains and improve the monitoring and transfer of bio-based products.

3. The complex UAS use in monitoring and transportation of aquaculture biomass.

On the basis of situation analysis conducted in this article we would like to mark the excellent perspectives for UAS implementation in the processes of aquaculture evolution monitoring and supply (transportation and logistics) of biomass and fisheries for conversion or to customer.

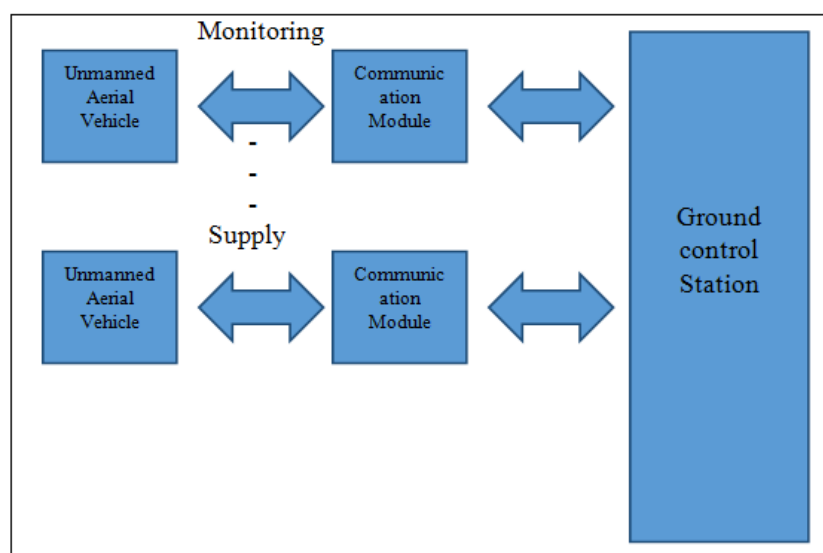


Fig. 5 Complex Unmanned Aircraft System

Complex UAS implementation can ensure the necessary expenses reduction, optimization of control and management, rational use of equipment and sustainability of process.

4. Conclusion

By gathering information, analyzing the modern state of world Bioeconomy development and rapid growth of UAS opportunities for usage in economy, conclusion can be made about high potential and undoubted perspectives of cooperation between modern technologies on the edge of BlueBio and UAS.

Taking into account the World experience, analysing **pros**: Expenses reduction; Operation in hard-to-reach places; Operation in low populated places; Operation in places with no infrastructure; 24/7 operation; Places with ecology restrictionsv. And analysing **cons**: Legislative problems; Load restrictions (temporary); Flight safety problems; Public opinion; Operation in extraordinary situations. Conclusion can be made, that UAS usage in nonmilitary and non police spheres especially in Bio industrial monitoring and transportation indicates the good perspectives of advancement in this sector of Aviation.

References

1. Biernat, Krzysztof. (2019). *Objectives and Scope of Bioeconomy*. DOI:10.5772/intershopen.88966.
2. BlueBio Call Announcement. (2020). *02 Call Announcement Guideline Blue bioeconomy*. <https://bluebioeconomy.eu/bluebio-call-announcement/>
3. Brenda K. Katrin I. (2017). *The Use of Unmanned Aerial Vehicle Imagery in Intertidal Monitoring*.
4. Folk, Emily. (2019). *How Drones Are Changing the Shipping Industry*. <https://www.droneblog.com/2019/04/04>.
5. Francisco da Silva. (2017). *Eyes in the Sky: Multi-Drones Surveillance Technology*. (Doctoral dissertation). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
6. Guo, Miao. (2018). *Computer Aided Chemical Engineering*. In: Symposium on Computer Aided Process Engineering. vol.43, (p.p. 833-838).
7. Horvath & Partners. (2019). *Urban Air Mobility Study Report*. Stuttgart.
8. Kitonsa and Kruglikov. (2018). *Significance of Drone Technology for Achievement of the United Nations Sustainable Development goals*. In: Drone Logistics and Transportation-Global Market Outlook (2017-2026). Statistics Market Research Consulting Pvt Ltd. Report ID4592706. (June 2018) (p.195).
9. Liepina, Laura. (2020). *Latvian Bioeconomy Strategy 2030*. ENRD Thematic Group Meeting on Bioeconomy.
10. Navarro, Alejandro et al., (2020). *The Application of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to Estimate above-Ground Biomass of Mangrove Ecosystems*.
11. Rees, Alan F et al., (2018) *The Potential of UAS for Sea Turtle Research and conservation: a Review and Future Directions*.
12. SESAR Joint Undertaking Annual Work Programme (2016). <https://www.sesarju.eu/>
13. Zephyr Program. <https://www.airbus.com/innovation/zero-emission/solar-flight.html>

TRANSPORTATION AND STORAGE BUSINESS MANAGEMENT RESULTS IN LATVIA BEFORE AND WHILE THE PANDEMIC IN 2019 -2020

Olga Zvereva

Riga Aeronautical Institute

olga.zvereva@inbox.lv

Abstract

The paper aims to represent a conceptual review of the transportation and storage business management results in Latvia before and while the pandemic in 2019 – 2020 considering market structural changes caused by the Corona virus on the basis of available data at the end of Q2, 2021. The review includes updates on the registered and operating companies, volumes, turnover, profit or loss, paid taxes, number of employees, ranking in transportation and storage. The analysis is valuable for the transportation and storage business managers for continuous business monitoring and immediate reacting to the influencing external business environment forces, restrictions, and arising opportunities.

The key words: transportation, storage, business management results, pandemic.

Introduction

The paper aims to represent a conceptual review of the transportation and storage business management results in Latvia before and while the pandemic period in 2019 – 2020 considering market structural changes caused by the Corona virus since early 2020 on the basis of available data for analysis at the end of the 2nd quarter of 2021. The review demonstrates which subsectors of the transportation and storage sector created main losses of the whole sector, the dynamics in paid taxes in comparison to revenue and profit or loss, reduction or increase of staff versus changes in sales. The review demonstrates which subsectors and businesses increased the sales and profit by taking the opportunities of the lockdown, and dramatic decreases impacted by the restriction of flight operations. The review is interim analysis as majorly based on data obtained from the annual reports 2020 submitted by the companies in Latvia as from storage and transportation sector. However, at the end of 2nd quarter 2021, only 54% of annual reports were submitted as informed from Lursoft (2021) due to prolonged deadlines for the submission of annual reports at expected 100% obtained data by November- December 2021. The value of the paper is in opportunity to see immediate business results for monitoring and reacting to the trends, dynamics when managing the business strategy and operations of transportation and/ or storage company, as well for involved analytics of the sectors to provide periodical and continuous analysis of the market changes, trends, dynamics and considering necessary rectification actions to be taken at the pressure of the macroenvironmental factors by the transportation and storage sector managers and stakeholders at all levels.

Materials and Methods

The grounded theory, an exploratory method, was used for identification and conceptualization of the patterns to structure findings by the process of comparison of key data on transportation and storage business management results including available annual macroeconomic reviews and submitted annual reports' data obtained from Lursoft data as from June 30, 2021, thus making only 54% of the transportation and storage companies, which have submitted the annual reports. The data for 2019 is final. The data for 2020 includes final amounts of taxes paid, number of employees demonstrated. The amounts of revenues, profit, loss and leading positions will be adjusted at receiving all annual reports

from the transportation and storage companies. The analysis is valuable for the transportation and storage business managers for continuous business monitoring and immediate reacting to the influencing external business environment forces, restrictions, and arising opportunities as well as business management results of the same sector competitors and other subsectors for wider and more detailed business environment layout analysis. As final data for 2020 considering all submitted reports by the transportation and storage companies will be available closer to the end of the 2021, for business management monitoring it will be already the period periodic monitoring of the results of 2021 in addition to 2020, so even partially available information is beneficial for understanding the market changes during 2020 and comparing to 2019 before the pandemic.

The identified research problem is absence of clarity of transportation and storage business management results and sector market structure and leadership in Latvia in 2020 while the pandemic, comparing to the results of 2019 before the Coronavirus pandemic. The research question: what are the transportation and storage business management results in 2020 comparing to 2019, impacted by restrictions and opportunities during the pandemic?

The focus is mainly on financial and sectoral business result analysis. Non-financial analysis and volume analysis are considered, but is not the focus of the review. The research is quantitative, based on quantitative data – secondary data from official macroeconomic reviews for 2019 and 2020, and primary data selection analysis obtained from Lursoft (June 30, 2021) from annual reports 2019 and 2020 submitted by the companies. The author selected data and structured for analysis, as well as identified patterns from the MS Excel data sheets, which include the amounts of sales, taxes paid, number of employees, regions of Latvia for 2019 and 2019. Review is based on the NACE code sections of the Transportation and storage – NACE code H, including NACE code 49 -Land transport and transport via pipelines, NACE code 50 - Water transport, NACE code 51 - Air transport, NACE code 52 - Warehousing and support activities for transportation, NACE code 53 - Postal and courier activities.

Research function and application: the overview provides a summary of the key financial data as from 2019 and 2020 available on the transportation and storage sector with discussion of the trends, dynamics, the effects of taken opportunities and restrictions, applicability of data for business monitoring and rectification actions as practical immediate application. The research will serve as basis for final review of the 2020 period comparing to 2019, as well as the base for contrasting with the annual results of the current operational year 2021, second year of the pandemic.

The research objective is to conduct comparison of key financial available data for 2019 and 2020 of the transportation and storage sector and subsectors and identify patterns of the transportation and storage market structural changes caused by the restrictions and business opportunities brought by the pandemic mode.

Research object is the key data on transportation and storage sector business results for 2019 and 2020 including the revenue, profit or loss, amount of paid taxes, number of employees of the transportation and storage companies structured as per NACE codes and/ or Latvia regional representation, top 10 leading position rating.

Research subject is the patterns identified from financial comparison of transportation and storage sector business management results of 2019 and 2020 in Latvia to take rectification actions and enhance overall representation of the sector in Latvia during the upcoming period.

Results and Discussion

The transport and storage sector is one of the most promising sectors in the Latvian economy according to LIAA, where the Latvian transport and storage sector is not biased

towards road transport, as is the case with economies of other countries in the region. In contrast, the Latvian transport and storage sector is more diversified, with sea and railway transport being important export services. (Investment and Development Agency of Latvia, 2020).

The key advantages of transportation and storage in Latvia as cited by LIAA are historic transport and trade gateway, access to Russian and European markets, excellent infrastructure, diversified alternatives; no bias towards road transport, three ice-free ports, development of air transport sector, Riga International Airport is a regional hub serving more than 40% of all Baltic airline passengers, competitive and multilingual labour force. (LIAA, 2020). Latvian national airline airBaltic has emerged as the leading airline in the Baltic States. The number of flight's annually has increased from 19 504 in 2003 to 87 007 in 2019. The number of passengers using the airport in 2019 reached 7.8 million, which is a record for the airport. In 2019 Riga International Airport has served 44% of all the passengers in the Baltic States. (LIAA, 2020).

Value added of transportation and storage is 8% in 2019 according to the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia (2020), p. 15, and 7% in 2020 according to the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia (2021), p.15. However, as from April 2020, the value added of transportation and storage was indicated 10% in 2019 by the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia (2020), p.16. The changes in 2020 against 2019 are (-14.9%) in total for transportation and storage, while freight rail transport decreased for (-42.3%), cargo handling decreased for (-28%), freight transport by road increased for 2.6%. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.27.) Comparatively, the changes in 2019 against 2018 are (-2.7%) in total for transportation and storage, while freight transport by road had decrease (-3.8%) in 2019 against 2018 before the pandemic. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, October, p.27.). In 2019, a downturn in the sector was determined by a decline in freight transport, and support activities for transportation. Freight transport decreased in all modes of transport, while passenger transport increased by 7%, postal and courier activities – by 18%. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.28.).

According to Bank of Latvia (2021, p.23), the transport sector witnesses decelerating growth in 2020 despite freight transportation and passenger transportation decrease. Despite coal cargo decrease, there was increase in grain and wood cargo. The volume of cargos loaded and unloaded in ports shrank by 28.0% and turnover of rail freight by 46.9% in 2020. The number of air passenger decreased by 74.2% in 2020. Contraction 8.4 % of freight by road is in 2020. (Bank of Latvia, 2021, p. 23). At ports the number of passengers decreased by 56.5%. However, in land transport the decline reached 36.4%. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.27.).

101.2 million tons of freights were carried by land and pipeline transport in 2020, a decrease of 16.8 million tons or 14.2 % compared to 2019. (Central Statistic Bureau, 2021). In 2020 rail transport freights comprised 24 million tons, which is 42.3 % less than in 2019. National freights by rail comprised 2.1 million tonnes – 21.1 % more. In international traffic the volume of freight carried by rail comprised 21.9 million tons, reduction of 45 %. Of which export freight transport – 2 million tons, 11.3 % less, import freight transport – 16.3 million tons, drop of 50.7 %, but goods in transit – 3.6 million tons, 20.9 % less. In 2020 transport freights via Latvian ports comprised 14.6 million tons, which is 53.8 % less than in 2019. (Central Statistic Bureau, 2021). Freights by road comprised 75.7 million tons, which is 2.6 % more than in 2019. National freights comprised 60 million tonnes, 7.6 % more. International

freights accounted for 15.7 million tons – 12.6 % less. Of which 4.5 million tons accounted for export freight – 4.8 % more, but import freight 3.1 million tons – 6.2 % less. Cross-trade and cabotage freights comprised 8.1 million tons, 21.9 % less than in the previous year. 76.3 % of total road freights were transportation for hire or reward with decrease by 0.8 %. 1.5 million tonnes of oil products were transported via main pipeline, which is 43.9 % less. (Central Statistic Bureau, 2021). In 2020 freight turnover at Latvian ports was the lowest since 1995. Freights loaded and unloaded at ports comprised 44.9 million tons, which is 28 % less than in 2019. Freight turnover at Riga port was 23.7 million tonnes in 2020, 27.7 % less, at Ventspils port – 12.9 million tonnes or 36.9 % less, at Liepāja port – 6.6 million tonne or 10 % less, but at minor ports – 1.7 million tonnes or 5 % less. (Central Statistic Bureau, 2021). Freights loaded at ports comprised 35.3 million tons in 2020, which is 33.3 % less than in 2019. Volume of main freights shipped reduced. Most significant was drop of volume of coal loaded onto ships by 13.4 million tonnes or 79.6 %. Oil products shipped reduced by 3.1 million tonnes or 27.5 %. Volume of timber loaded reduced by 10.2 %, of freights in containers – by 0.4 %, of roll on/roll off – by 8.3 %, of mineral fertilisers – by 21.8 %, of wood chips – by 14.2 %. But volume of grain and grain products increased by 11 %. (Central Statistic Bureau, 2021). 9.6 million freights were unloaded at ports, their volume rose by 1.7 %. Oil products unloaded increased by 10.8 %. Volume of building materials unloaded rose by 19.3 %. Volume of various metals and articles thereof remained at the level of the previous year (rise of 0.1 %), but volume of wood chips – increased 7.5 times. But the volume of unloaded freights in containers and roll on/ roll off fell by 10.7 % and 11.5 %, respectively. (Central Statistic Bureau, 2021).

Freight traffic by railroad was 41,489 thousand tonnes in 2019 and 24,056 thousand tonnes in 2020. Data on freight traffic by water transport is not provided for 2019 and 2020 as from Central Statistic Bureau (2021). Freight traffic by road transport was 73,755 thousand tonnes in 2019 and 75,705 thousand tonnes in 2020. Freight traffic by air transport was 16 thousand tonnes in 2019 and 11 thousand tonnes in 2020. (Central Statistic Bureau, 2021). Freight turnover by railroad transport 15,019 million tonne-km in 2019 and 7,979 million tonne-km in 2020. Data for water transport is unavailable according to Central Statistic Bureau, 2021. Freight traffic by road transport was 14,965 thousand tonnes in 2019 and 13,705 thousand tonnes in 2020. (Central Statistic Bureau, 2021). Freight turnover by air transport is 18 million tonne-km in 2019 and 11 million tonne-km in 2020. Total freight turnover by all transport modes is 30,002 million tonne-km in 2019 and 21,695 million tonne-km in 2020, and in thousand tonnes: 115,260 in 2019 and 99,772 in 2020. (Central Statistic Bureau, 2021).

The structure of Imports of Services included 10% road transport in 2020, 8% in 2019; air transport 7% in 2020, 12% in 2019; sea transport 5% in 2020 and 5% in 2019; rail transport 4% in 2020 and 3% in 2019; travel 11% in 2020 and 21% in 2019. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, April, p.14 and the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.15).

The Structure of Imports of Goods included 7% vehicles in 2020 and 8% in 2019. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, April, p.14 and the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.15).

Export of vehicles is 4% in 2020 and 5% in 2019 of export structure. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, April, p.13 and the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.12).

Occupied posts in transportation and storage are 8% in 2019 and 8% in 2020% according to the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, p.27. and 2021, p.27), while changes in occupied posts in transportation and storage in 2020 decreased for (-5.4) in thousands against 2019 according to the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.31).

Gross Wage in transportation and storage Q4 of 2020, compared to Q4 of 2019 increased for 3.1%. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.33.).

Lending Portfolio of Non-Financial Institutions by Sector is 8% at the end of 2020 (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.38.) and is 9% at the end of June 2020 (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, p.38.) and is 11% at the end of June 2019 (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.38.).

FDI in transportation and storage at the end of 2020 is 4% (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.37.), 5% at the end of June 2020 (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, October, p.37), and 5% at the end of 2019 (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.37).

Household Expenditures on Transport in 2019 are 12% (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2021, p.8.), data for 2020 is not indicated, however, data according to Macroeconomic report for 2019 from April, 2020 is 14% in 2019. (The Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia, 2020, April, p.9.) For the contrasting, Household Expenditure on transport in Latvia was 11.8 % in 2018, Germany -13.8 % (2018), and highest per cent was in Slovenia – 16.9 % and Lithuania – 15.8%. (Eurostat, 2020).

The number of the transportation and storage companies at the end of June 2021 is 12565, which are regionally distributed: Kurzeme 1203, Latgale 1064, Pierīga 2273, Rīga 5999, Vidzeme 876, Zemgale 1150. The number of the transportation and storage companies with turnover equal or higher 500 euro is 5466 in 2019 and 3008 in 2020 according to Lursoft data (2021, June 30). Number of registered companies, NACE code 49, Land transport and transport via pipelines, is 8484 (67.52%); NACE code 50, water transport – 189 (1.50%); NACE code 51, air transport – 41 (0.33%); NACE code 52, Warehousing and support activities for transportation – 3573 (28.44%); NACE code 53, Postal and courier activities – 278 (2.21%). The number of the companies per NACE codes with turnover equal or higher 500 euro in 2020 and 2019: NACE 49 – 1896 (63.03%) in 2020, 3433 (62.81%) in 2019; NACE 50 – 56 (1.86%) in 2020 and 88 (1.61%) in 2019; NACE 51 - 9 (0.30%) in 2020 and 15 (0.27%) in 2019; NACE 52 – 990 (32.91%) in 2020 and 1837 (33.61%) in 2019; NACE 53 – 57 (1.89%) in 2020 and 93 (1.70%) in 2019. In total, 3008 companies made 23.94% in 2020 and 5466 companies made 43.50% in 2019 of registered, but with turnover equal or higher 500 euro. (Lursoft, 2021, June 30).

Total turnover of transportation and storage, NACE code H, is 6.3 bln € (6,279,926,167 €) in 2019, and at condition that only 54% of companies have submitted the annual reports, the total turnover in 2020 is 2.5 bln € (2,449,859,326 €), 39.01% of 2019. The turnover is split in NACE code subsectors: NACE 49, Land transport and transport via pipelines - 2,741,155,432 € (43.65%) in 2019, 1,155,613,528 € (47.17% of total) in 2020; NACE 50, Water transport - 153,697,200 € (2.45%) in 2019 and 73,431,952 € (3%) in 2020; NACE code 51, Air transport, 697,323,148 € (11.10%) in 2019, 140,424,492 € (5.73% of total) in 2020; NACE code 52, Warehousing and support activities for transportation, 2,500,623,815 €

(39.82%) in 2019, 1,021,240,891 € (41.69%) in 2020; NACE code 53, Postal and courier activities, 187,126,572 € (2.98%) in 2019, 59,148,463 € (2.41%) in 2020. Data for 2019 is final, data for 2020 can be changed as only 54% of the companies have submitted the annual reports. (Lursoft, 2021, June 30).

Profit or loss in 2019 and 2020 by NACE code subsectors: NACE 49, Land transport and transport via pipelines, 77,167,930 € in 2019 and 40,401,182 € in 2020; NACE 50, water transport, 6,480,647 € in 2019 and 4,746,050 € in 2020; NACE code 51, Air transport, 31,932,059 € in 2019 and -278,344,119 € in 2020; NACE 52, Warehousing and support activities for transportation, 175,581,354 € in 2019 and 13,969,287 € in 2020; NACE 53, Postal and courier activities, 5,784,174 € in 2019 and 4,683,193 € in 2020. The total profit for 2019 was 296,946,164 €, but total loss is (-214,544,407 €) in 2020. Air transport makes 129.74% of total loss in 2020. Data for 2019 is final, data for 2020 can be changed as only 54% of the companies have submitted the annual reports. (Lursoft, 2021, June 30).

Total tax payments to state budget by transportation and storage, NACE code H, are 569,485,610.00 € in 2019 and 517,960,340.00 € in 2020 with only 9.05% decrease against 2019. The split of the paid taxes by NACE code subsectors are: NACE 49, Land transport and transport via pipelines - 204,280,820.00 € (35.87%) in 2019, 212,539,690.00 € (41.03%) in 2020; NACE 50, Water transport - 15,731,940.00 € (2.76%) in 2019, 14,674,010.00 € (2.83%) in 2020; NACE 51, Air transport - 23,653,200.00 € (4.15%) in 2019, 10,497,140.00 € (2.03%) in 2020; NACE 52, Warehousing and support activities for transportation - 285,640,030.00 € (50.16%) in 2019, 237,327,690.00 € (45.82%) in 2020; NACE 53, Postal and courier activities - 40,179,620.00 € (7.06%), 42,921,810.00 € (8.29%) in 2020. Taxes include: personal income tax (IIN), CIT, State Social Insurance Mandatory Contributions (VSAOI), VAT, microenterprise tax, nature resources tax, excise duty, customs duty, subsidised electricity tax, electricity tax, company risk fee, lottery and gambling tax. (Lursoft, 2021, June 30).

Top 10 companies with biggest turnover in 2019 in transportation and storage sector are: 1. Air Baltic Corporation AS, Pierīga - 500 001 000 €, 2. SIA 'LDZ CARGO', Rīga - 253 074 432 €, 3. Rīgas pašvaldības sabiedrība ar ierobežotu atbildību 'Rīgas satiksme', Rīga - 191 176 990 €, 4. Valsts akciju sabiedrība 'Latvijas dzelzceļš', Rīga - 183 279 901 €, 5. SIA 'SMARTLYNX AIRLINES', Pierīga, - 177 122 910 €, 6. SIA 'Kreiss', Pierīga - 176 067 127 €, 7. SIA 'SKONTO METĀLS', Rīga - 108 386 712 €, 8. Valsts akciju sabiedrība 'Latvijas Pasts', Pierīga - 96 167 865 €, 9. SIA 'Baltic Logistic Solutions', Pierīga - 76 128 745 €, 10. Valsts akciju sabiedrība STARPTAUTISKĀ LIDOSTA 'RĪGA', Pierīga - 64 986 666 €. (Lursoft, 2021, June 30).

Top 10 companies, which can be later updated, with biggest turnover in 2020 in transportation and storage sector at condition that only 54% of the companies have submitted the annual reports by the date of review: 1. SIA 'LDZ CARGO', Rīga - 162 326 282 €, 2. Valsts akciju sabiedrība 'Latvijas dzelzceļš', Rīga - 156 536 122 €, 3. Air Baltic Corporation AS, Pierīga - 135 934 000 €, 4. SIA 'Baltic Logistic Solutions', Pierīga - 55 250 772 €, 5. AS 'Conexus Baltic Grid', Pierīga - 53 867 296 €, 6. SIA 'DSV Latvia', Rīga - 48 508 810 €, 7. 'TRANSIT SERVICE AGENCY' SIA, Kurzeme - 45 766 910 €, 8. SIA 'ULTRAMAR', Rīga - 45 076 783 €, 9. AS 'Pasažieru vilciens', Rīga - 42 630 440 €, 10. SIA 'Ventpils nafta' terminals, Kurzeme, 30 041 066 €. (Lursoft, 2021, June 30).

When reviewing top 10 turnover of transportation and storage companies in 2019, how the companies proceeded during 2020, it should be noted that Air Baltic Corporation AS, Pierīga, NACE 51, turnover in 2020 is 135 934 000 EUR decreased for 72.81% from turnover 500 001 000 EUR in 2019, Loss in 2020 is (-278 267 000) increased 36 times against loss (-7 729 000) in 2019, number of employees 1022 in 2020 decreased for 19.08% against 1263

employees in 2019, taxes paid 7970.71 in thousands EUR decreased for 56.23% against 18209.26 thousands EUR paid in 2019. Turnover ranking decreased for 3rd in 2020 from 1st in 2019, NACE 51 ranking is same 1st in 2020 as in 2019, however, ranking can be changed later. (Lursoft, 2021, June 30).

SIA 'LDZ CARGO', Riga, NACE 49, turnover 162 326 282 EUR in 2020 decreased for -35.86% against turnover 253 074 432 EUR in 2019, loss (-3 302 621 EUR), (-218.57%) in 2020 versus profit 2 785 211 EUR in 2019, number of employees 1714 in 2020 reduced for 18.42%, 2101 in 2019, taxes paid (-3282.03 thousands EUR)

increased in 2020 versus tax paid (-13653.6 thousand EUR) in 2019. (Lursoft, 2021, June 30).

Rīgas pašvaldības sabiedrība ar ierobežotu atbildību 'Rīgas satiksme', Riga, NACE 49, turnover and profit in 2020 is not yet available, but turnover in 2019 is 191 176 990 EUR, profit 7 730 210 EUR in 2019, number of employees 3921 in 2020 and 4057 in 2019, taxes paid in 2020 - 30377.69 thousands EUR, in 2019 - 33372.7 thousands EUR.

Valsts akciju sabiedrība 'Latvijas dzelzceļš'. Riga, NACE 52, turnover 156 536 122 EUR in 2020 decreased for 14.59% against 183 279 901 EUR in 2019, loss / profit is unknown for 2020, profit in 2019 was 32430 EUR, number of employees 5383 in 2020 decreased for 15.61% against 6379 in 2019, taxes paid 35490.22 thousands EUR in 2020 decreased for 52.03% against 73976.95 thousand EUR in 2020. (Lursoft, 2021, June 30).

Top 10 companies with highest number of employed staff 2020 versus 2019 in transportation and storage sector, NACE H, 1. Valsts akciju sabiedrība 'Latvijas dzelzceļš', Riga, 5383 in 2020, 6379 in 2019, decrease 15.61%, 2. Rīgas pašvaldības sabiedrība ar ierobežotu atbildību 'Rīgas satiksme', Riga, 3921 in 2020, 4057 in 2019, decrease 3.35%, 3. Valsts akciju sabiedrība 'Latvijas Pasts', Pierīga, 3315 in 2020, 3706 in 2019, decrease 10.55%, 4. SIA 'Kreiss', Pierīga, 2751 in 2020, 2556 in 2019, increase 7.62%, 5. SIA 'LDZ CARGO', Riga, 1714 in 2020, 2101 in 2019, decrease 18.42%, 6. Valsts akciju sabiedrība STARPTAUTISKĀ LIDOSTA 'RĪGA', Pierīga, 1141 in 2020, 1321 in 2019, decrease 13.63%, 7. Air Baltic Corporation AS, Pierīga, 1022 in 2020, 1263 in 2019, decrease 19.08%, 8. AS 'Pasažieru vilciens', Riga, 1018 in 2020, 1045 in 2019, decrease 2.58%, 9. HAVI Logistics SIA, Riga, 735 in 2020, 801 in 2019, decrease 8.24%, 10. SIA 'Baltic Logistic Solutions', Pierīga, 559 in 2020, n/d in 2019. (Lursoft, 2021, June 30).

Top 10 companies with highest profit 2019 in transportation and storage sector, NACE H, are: 1. SIA "SMARTLYNX AIRLINES", Pierīga, 36 926 122 €; 2. "STREK" SIA, Riga, 24 994 596 €; 3. Valsts akciju sabiedrība STARPTAUTISKĀ LIDOSTA 'RĪGA', Pierīga, 22 140 607 €; 4. AS 'Conexus Baltic Grid', Riga, 17 945 000 €, 5. Rīgas pašvaldības sabiedrība ar ierobežotu atbildību 'Rīgas satiksme', Riga, 7 730 210 €; 6. SIA 'BALTIC CONTAINER TERMINAL', Riga, 7 439 774 €; 7. SIA Smart Aviation Holdings, Pierīga, 7 286 102 €; 8. SIA 'Alpha Osta', Riga, 7 005 730 €; 9. SIA 'SKONTO METĀLS', Riga, 6 947 522 €; 10. SIA 'Rīga fertilizer terminal', Riga, 5 980 810 €. (Lursoft, 2021, June 30).

Top 10 companies with highest profit 2020 in transportation and storage sector, NACE H, considering that only 54% of the companies have submitted the report, the ranking can be changed: 1. AS 'Conexus Baltic Grid', Riga, 13 111 806 €; 2. SIA 'ULTRAMAR', Riga, 8 100 778 €; 3. SIA 'BALTIC CONTAINER TERMINAL', Riga, 6 388 030 €; 4. SIA 'Rīga fertilizer terminal', Riga, 5 898 798 €; 5. AS 'PKL Flote', Riga, 4 323 735 €; 6. SIA 'Ventpils nafta' terminals, Kurzeme, 2 440 662 €; 7. Omniva SIA, Pierīga, 2 366 323 €; 8. SIA 'Port Milgravis', Riga, 1 689 698 €; 9. SIA 'DPD Latvija', Riga, 1 659 977 €; 10. SIA 'LSC', Riga, 1 419 177 €. (Lursoft, 2021).

AS ‘Conexus Baltic Grid’ profit 13111806 EUR in 2020 is 24.34% of turnover 53867296 EUR and 73.07% of 2019 year profit 17945000 EUR, 30.24% of turnover 2019 - 59343000 EUR. (Lursoft, 2021, June 30).

SIA ‘ULTRAMAR’ profit 8100778 EUR in 2020, 17.97% of turnover 2020 – 45076783 EUR, increased 414.52%, 1954243 EUR profit 2019, 3.93% of turnover 2019 – 49667013 EUR. (Lursoft, 2021, June 30).

SIA ‘BALTIC CONTAINER TERMINAL’ profit 6388030 EUR is 40.35% of turnover 2020 – 15832369 EUR, 85.86% of profit 2019 – 7439774 EUR, 44.78% of turnover 2019 – 16614321 EUR. (Lursoft, 2021, June 30).

Conclusion

Transportation and storage sector, NACE H, total profit was 297 mln in 2019 and is 216 mln loss in 2020, but data for 2020 can be later changed at submission of all annual reports closer to the end of 2021. Only 43.50% of the registered companies in 2019 had turnover equal or greater than 500 EUR, and in 2020 - 23.94%. However, 2020 data can be changed as only 54% of the companies submitted the annual report. Annual turnover was 6.28 billion Euro in 2019, and 2.5 billion Euro in 2020, at condition that only 54% of the companies submitted the annual reports. (Lursoft, 2021, June 30). At changed turnover and profit, paid taxes are almost at the same level: 570 mln Euro paid in 2019 and 518 mln paid in 2020 with decrease 9.12%.

Air transport sector generated loss (-278,344,119 €), 129.74% of total transportation and storage sector loss (-214,544,407 €) in 2020, data can be adjusted at submission of all annual reports.

At overall situation of contraction in profit, some companies generated significant profit increase. For example, SIA ‘ULTRAMAR’ - 414.52% profit increase, 2020 - 8 100 778 €, 2019 -1 954 243 EUR, Omniva SIA - 316.83% profit increase, 2020 – 2366323 EUR, 2019 – 746868 EUR, SIA ‘DPD Latvija’ -156.55% profit increase, 2020 – 1659977 EUR, 2019 – 1060359 EUR. (Lursoft, 2021, June 30).

Almost all top 10 companies with highest number of employees decreased the number of employees, excluding SIA ‘Kreiss’ (truck logistics), which increased number from 2556 in 2019 to 2751 in 2020. However, the companies did not have significant decrease in number of employees. At all 2020 year challenges, the transportation and storage companies, top 10, with highest number of employees, tried to keep the number of employees, highest decrease of top 10 was 18.42% by ‘LDZ CARGO’, ‘Latvijas dzelzceļš’ decrease by 15.61%, STARPTAUTISKĀ LIDOSTA ‘RĪGA’ decrease by 13.63%, SIA Kreiss increase by 7.62%. Moreover, overall paid taxes decreased only for 9.12% as stated.

The objectives of the research are performed as the author conducted the comparison of key financial available data for 2019 and 2020 of the transportation and storage sector and subsectors and identified patterns of the transportation and storage market structural changes caused by the restrictions and business opportunities brought by the pandemic mode. The answer to the research question about the transportation and storage business management results in 2020 comparing to 2019, impacted by restrictions and opportunities during the pandemic is demonstrated in the section of the results.

The research has some limitations for final data for year 2020, however, this analysis provides summary of available data necessary for monitoring business environment and reacting to the influencing factors of external environment. The research will serve as the basis for future research on final data for 2020, comparing to final data 2021. For future research, the author is interested to analyse the upcoming results in 2021 versus 2020 and 2019 – after expanded vaccination, cancellation of passenger flight restrictions, will the air

transport sector improve overall results, will the courier delivery and road transport have the tendency for stability or growth as demonstrated in 2020, or will decrease with cancelling restrictions for face-to-face shopping and flights.

Acknowledgements

Expressing gratitude to RAI colleagues for organising scientific applied research conference 2021 and the conference proceedings for the benefits of the sectoral updates and taking rectification action by the industry representatives and stakeholders, and to Lursoft for long-term cooperation that enables research and analytical review for the benefits of the sectoral research, economical performance by Latvia and transportation and storage sector, in particular, transportation and storage businesses individually creating competitive representation in the EU and world market arenas.

References

1. Bank of Latvia. (2021). Macroeconomic Development Report 2021. Available at <https://www.bank.lv/en/publications-r/macroeconomic-developments-report>
2. Central Statistical Bureau of Latvia. (2021). In 2020 significant decrease recorded in international freight transport. Available at <https://www.csb.gov.lv/en/statistics/statistics-by-theme/transport-tourism/transport/search-in-theme/2946-transport-activities-2020>
3. Central Statistical Bureau of Latvia. (2021). TRK010. Cargo traffic and cargo turnover by mode of transport 1980 – 2020. Available at https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP_PUB/START_NOZ_TRK_TRKA/TRK010/
4. Eurostat. (2020). Transport costs EU households over €1.1 trillion. Available at <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20200108-1>
5. LIAA. Investment and Development Agency of Latvia. (2020). Transport and Storage in Latvia. Available at <https://www.liaa.gov.lv/en/invest-latvia/key-sectors/transport-and-storage>
6. Lursoft. (2021, June 30). Number of registered transportation and storage companies in Latvia on 30.06.2021.
7. Lursoft. (2021, June 30). Number of transportation and storage of companies with annual turnover equal or higher than 500 EUR in 2019 and 2020.
8. Lursoft. (2021, June 30). Total turnover 2019 and 2020 by transportation and storage, NACE code H.
9. Lursoft. (2021, June 30). Total Profit / Loss in Transportation and Storage Sector in 2019, 2020.
10. Lursoft. (2021, June 30). Total taxes paid in transportation and storage sector in 2019, 2020.
11. Lursoft. (2021, June 30). TOP 10 companies with biggest turnover in 2020, 2019 in transportation and storage sector.
12. Lursoft. (2021, June 30). TOP 10 companies with highest profit in 2020, 2019 in transportation and storage sector.
13. Lursoft. (2021, June 30). TOP 10 companies with highest number of employees in 2019, 2020 in transportation and storage sector.
14. Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia. (2021, April). MACROECONOMIC REVIEW OF LATVIA 2021. Available at <https://www.em.gov.lv/en/media/8918/download>
15. Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia. (2020, October). MACROECONOMIC REVIEW OF LATVIA 2020. Available at <https://www.em.gov.lv/en/media/4323/download>
16. Ministry of Economics of the Republic of Latvia, Central Statistical Bureau of Latvia. (2020, April). MACROECONOMIC REVIEW OF LATVIA 2019. Available at <https://www.em.gov.lv/en/media/1477/download>

RĪGAS BRĪVOSTAS MUITAS KONTROLES PUNKTA 0210 KLIENTU APKALPOŠANAS KVALITĀTI IETEKMĒJOŠIE FAKTORI

Ludmila Jefremova

Riga Aeronautical Institute

jefremova83@gmail.com

Abstract

The article “Factors Affecting the Customer Service Quality of the Freeport of Riga Customs Checkpoint 0210” examines solutions for increasing the efficiency of the customer service system of the customs checkpoint 0210 of the Free Port of Riga, as well as the factors influencing quality in the conditions of changing legislation and in the conditions of the Brexit and Covid 19 pandemic.

Anotācija

Rakstā izskatīti risinājumi Muitas kontroles punkta 0210 (turpmāk – MKP 0210) klientu apkalpošanas sistēmas efektivitātes paaugstināšanai, kā arī kvalitāti ietekmējošie faktori mainīgās likumdošanas apstākļos un Breksits un Covid 19 pandēmijas apstākļos.

Atslēgas vārdi: muita, apkalpošana, efektivitāte, riski, Breksits, Covid 19.

Ievads

Raksta mērķis ir izstrādāt risinājumus profesionālai, ātrai, mūsdienīgai un efektīvai muitas klientu apkalpošanas sistēmai, sniegt priekšlikumus tās uzlabošanai Covid 10 pandēmijas laikā.

Materiāli un metodes

Rakstā pielietotas šādas pētījuma metodes: teorētiskās literatūras un interneta resursu analīze, statistikas datu analīze, Latvijas Republikas likumu un Eiropas Savienības regulu analīze, masu apkalpošanas teorijas metodes.

Rezultāti un diskusija

Mūsdienās sniedzot pakalpojumus gan privātajā, gan valsts sektorā, ir pašsaprotama noteiktu pakalpojumu sniegšanas un klientu apkalpošanas pamatprincipu ievērošana, pakārtojot institūcijas iekšējos procesus atbilstoši sniedzamajiem pakalpojumiem un klientu vajadzībām. Tas ietver gan klientu informēšanu par sniedzamajiem pakalpojumiem un to saņemšanas veidu, gan klientu apkalpošanu tam ērtā veidā un formā (klātienē, telefoniski, izmantojot internetu). [1]Valsts ieņēmumu dienesta (turpmāk - VID) īstenoto pasākumu efektivitātes un klientu apmierinātības novērtēšanai iestāde regulāri veic atsevišķu tēmu pētījumu izstrādi.

Laika posmā no 2020.gada 5.oktobra līdz 9.decembrim tika veikta Valsts ieņēmumu dienesta (turpmāk – VID) muitas iestāžu klientu aptauja, lai noskaidrotu viņu uzskatus par muitas iestāžu darbību un apkalpošanas kvalitāti. Līdzīgas aptaujas tika veiktas arī 2014., 2016. un 2018.gadā.

“SKDS” apkalpošanas pētījuma dati liecina, 2020. gada vērtējums apkalpošanas kvalitātei VID muitas iestādēs pasliktinājies. Attieksmes pasliktināšanas vērojama, vērtējot darbinieku profesionalitāti, klientu apkalpošanas ātrumu, formējot ievēšanas muitas procedūras, muitas darbinieku attieksmi pret klientiem, atsaucību un ieinteresētību, zināšanu un kompetences līmeni.

Svarīgi ņemt vērā, ka aptauja notika Covid-19 pandēmijas laikā, un to rezultatīvai varēja ietekmēt noteikti piesardzības un ierobežošanas pasākumi. COVID-19 (koronavīrusa infekcija) ir infekcijas slimība, ko izraisa 2019. gada nCoV koronavīrusa (SARS-CoV 2) smags akūts respiratorais sindroms. Šī slimība pirmo reizi tika atklāta 2019. gada decembrī Vuhanā, Ķīnas Hubei provinces reģionā un kopš tā laika tā ir izplatījusies visā pasaulē, izraisot koronavīrusa pandēmiju 2019. – 20. [2]Kad veicot muitas klientu apkalpošanu: deklarāciju pieņemšana, fiziskā muitas kontrole, muitas nodrošinājumu uzlikšana vienlaikus ikvienam muitas uzraugam jālieto mutes un deguna aizsegus, ievēro vispārējās epidemioloģiskās drošības prasības 24 stundas 7 dienas nedēļā neatkarīgi no laika apstākļiem, kā arī papildus jākontrolē muitas klientu plūsma.

Nebūs brīnums, ka 2021. gada "SKDS" vērtējuma rezultāti labākā gadījumā būs līdzīgi 2020. gada vērtējumam, vairāku pārmaiņu likumdošanas dēļ. Divi galvenie iemesli, kas ietekmēs MKP 0210 darbību ir Apvienotās Karalistes (turpmāk - AK) izstāšanās no Eiropas Savienības, jeb **breksits** (*Brexit*) un pievienotās vērtības nodokļa (turpmāk - PVN) piemērošanu e-komercijas sūtījumiem.

AK izstāšanās no Eiropas Savienības (turpmāk - ES) 2021. gadā ietekmē un ietekmēs muitas MKP 0210 apkalpošanas kvalitāti. No 2021. gada 1. janvāra visas preces, kas tiek ievestas ES muitas teritorijā no AK vai kuras tiek izvestas no ES uz AK, ir pakļautas muitas uzraudzībai un kontrolei. Pārvietojot preces uz vai no AK, ir jākārtoti tiesību aktos noteiktās muitas formalitātes. Rezultātā palielinājies apstrādāto deklarāciju un kravu skaits. AK, kļūstot par trešo valsti, darījumos tiks piemērotas visas muitas importa eksporta formalitātes. Tas nozīmē gan dažādu muitas deklarāciju iesniegšanu, gan saistību izpildi piemērotajām muitas procedūrām. Preču muižošanā darījumos ar trešo valsti: tiek piemērotas visas importa/eksporta formalitātes, tiek iekasēts muitas, akcīzes un pievienotās vērtības nodoklis, muitas atļaujas, kurās iekļauta AK, jāizsniedz no jauna, AK izsniegtās muitas atļaujas nav derīgas 27 Eiropas Savienības valstīs. Pēc VID datiem, līdz šim darījumi ar AK ir bijuši gandrīz 4000 komersantiem.[3]

Nav noslēpums, ka 2021. gada 1. jūlijā spēkā stāsies izmaiņas ES tiesību aktos par PVN piemērošanu e-komercijas sūtījumiem – zemas vērtības preču sūtījumiem no trešajām valstīm, ko saņem personas ES, tajā skaitā Latvijā. Jaunie noteikumi paredz, ka tiks atcelts pašlaik spēkā esošais PVN atbrīvojums importējamām precēm, kuru vērtība ir mazāka par 22 eiro. Tas nozīmē, ka no 2021.gada 1.jūlija pilnīgi visām precēm, kuras persona iegādāsies ārpus ES (t.sk. interneta veikalos), tiks piemērots PVN. Izmaiņas attieksies uz preču iegādi jebkurā trešajā valstī - Ķīnā, ASV, Krievijā, Apvienotajā Karalistē, Norvēģijā u.t.t. no tā var secināt, ka atkal MKP 0210 palielināsies muitas deklarāciju apstrādes un kravas kontroles slodze.

Ņemot vērā iepriekš minēto ir vērts prognozēt rindas dokumentu pieņemšanā un noformēšanā pielietojot masu apkalpošanas metodes. Tas viss var novest pie papildus izdevumiem dīkstāvēs, palielinātas nervozitātes un neapmierinātības gan iekšējā gan ārējā darba vidē, kas noved pie apkalpošanas efektivitātes samazināšanos. Līdz ar to pastāv riski, kuru iestāšanās var būtiski ietekmēt stratēģisko mērķu sasniegšanu: reputācijas risks, resursu nepietiekamības risks, preču nelikumīgas ieviešanas (kontrabandas) risks, nodokļu saistību izpildes risks.

ES pārvalda 27 dalībvalstu muitas iestādes, strādājot tā, it kā tās būtu viena muitas iestāde. Muitnieki uzrauga preču plūsmu gan uz ES ārējām robežām, proti, ostās, lidostās un robežpunktos uz sauszemes, gan ES teritorijā, MKP 0210, atrodoties Rīgas brīvostas teritorijā, spēlē svarīgu lomu kravas: konteineru, ogļu, naftas produktu, dažādu metālu, kokmateriālu, minerālmēsļu un labības produktu un citu preču pārvadājumu noformēšanā.[4]

Lai nodrošinātu datu apmaiņu starp muitas iestādēm un komersantiem visā ES, kā arī īstenot elektronisku jeb bezpapīra muitas vidi, izstrādāta Elektroniskās muitas datu apstrādes

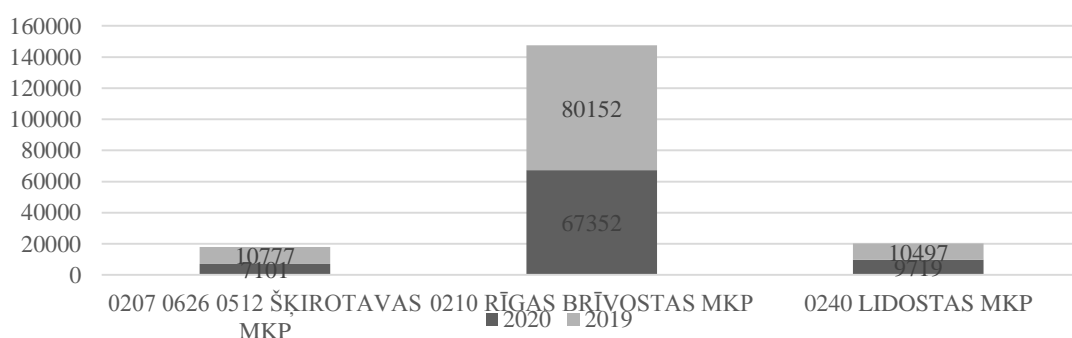
sistēma (turpmāk - EMDAS), kur notiek kopsavilkuma, eksporta, tranzīta, importa, TIR carnet, pagaidu uzglabāšanas deklarāciju noformēšana. Muitas formalitātes, apgādājot kuģi, formētas Starptautiskajā kravu loģistikas un ostu informācijas sistēmā. [5]

Joprojām ir aktuāls jautājums par muitas uzraugu atalgojumu. Salīdzinot algas www.algas.lv muitas uzrauga minimālā alga ir 586 eiro mēnesī, algojums ir krietni zemāks nekā tajā pašā jomā Danijā minimāla 2947 eiro mēnesī, Igaunijā – 916 eiro, arī atsevišķās jomās ir zemāks par darba tirgū piedāvāto atalgojumu, arī citi motivēšanas veidi (mācības, komandējumi, apbalvojumi, prēmēšana u.c.) nav pietiekami, kā rezultātā muitas kontroles punkts nespēj piesaistīt nepieciešamās kvalifikācijas un specializācijas darbiniekus un motivēt viņus darba attiecībām ilgtermiņā. [6]

Pēdējos 16 gadus muitnieki pieprasa izdienas pensijas. Ir negodīgi, ka robežsargi, kuri pilda līdzīgu darbu, pensijā var iet ātrāk. Reforma ir vairākkārt uzsākta un vienmēr atcelta, jo nekad nav bijis piemērots brīdis.[7] Muitas amatpersonu darbības specifika ir saistīta ar darbu maiņās, nodrošinot muitas kontroles veikšanu 24 stundas diennaktī, septiņas dienas nedēļā, operatīvo darbību veikšanu, noziedzīgu nodarījumu atklāšanu, novēršanu un izmeklēšanu valsts ieņēmumu un muitas lietu jomā, kas ir saistīta ar fizisku noslodzi, psihoemocionālo stresu un darbu nelabvēlīgos klimatiskajos, veselībai kaitīgos un bīstamos apstākļos. Tādējādi muitas amatpersonas ar speciālajām dienesta pakāpēm, pildot dienesta (darba) pienākumus, ir pakļautas lielam veselības un dzīvības apdraudējumam, kā arī riskam darbspēju ātrākai zaudēšanai ne mazākā apmērā kā citu iestāžu amatpersonas, kuru dienests ir saistīts ar valsts iekšējo un ārējo drošību. VID amatpersonu ar speciālajām dienesta pakāpēm darba specifika pilnībā atbilst to iestāžu darba specifikai, kurām saskaņā ar spēkā esošajiem normatīvajiem aktiem ir tiesības uz izdienas pensiju.

Ņemot vērā, ka šobrīd vērojama pakāpeniska VID muitas iestāžu un finanšu policijas ierēdņu ar dienesta pakāpēm novecošanās (šobrīd VID Muitas pārvaldē 63 % no amatpersonu skaita ir ar darba stāžu virs 10 gadiem), izdienas pensijas piešķiršana veicinātu pakāpenisku paaudžu nomainu, kas pavērtu iespējas jaunām darba vakancēm, atturot personas no lēmuma aizbraukt no Latvijas darba meklējumos. Izdienas pensija ir būtisks motivējošs faktors, kas rada atbildību pret savu darbu, profesionalitāti, sadarbību un godprātību, tādējādi tā kalpotu kā papildu motivācija kopējo VID noteikto mērķu sasniegšanai.[8]

No histogrammas (1.attēls) var secināt, ka Covid 19 pandemijas laikā noformēto deklarāciju skaits ir krities par 16%,bet joprojām, tas ir lielāks Rīgas MKP daļā. Ņemot vērā AK izstāšanos no ES prognozēts tranzīta, ieviešanas kopsavilkumu deklarāciju, skaita pieaugums. Kā arī prognozējams fiziskās kontroles veikšanas skaita pieaugums AK kravām un e-komercijas sūtījumu kravām. 2020. gadā Latvijas pastā saņemto atmuitojamo sūtījumu skaits vidēji mēnesī nedaudz pārsniedza 5000, bet šā gada pirmajos trīs mēnešos pēc "Brexit" tas dubultojies – vidēji aptuveni 11 000 sūtījumu mēnesī. Domājams, ka atmuitošanas apjoms pēc 1. jūlija varētu pieaugt vairākkārt, un pamatā tie būs Ķīnas sūtījumi.[10]



Avots: Autora veidots

1.attēls. Noformētās tranzīta deklarācijas

MKP 0210 darbības raksturojošie statistikas rādītāji – tranzīta deklarāciju skaits norāda uz lielu muitas uzraugu pārslogotību muitas deklarāciju noformēšanā it sevišķi ierobežošanas un piesardzības apstākļos.

Efektīvākai MKP 0210 darbībai nepieciešama muitas deklarāciju plūsmas prognoze. Plūsmas prognozei nepieciešams veikt muitas procedūru noformēšanas hronometrāžu.

Muitas klientu apkalpošanas sistēma ir daudzkanālu masu apkalpošanas sistēma ar neierobežotu rindu, kur apkalpošanas kanāli ir muitas uzraugi. Muitas apkalpošanas sistēmas situācijas raksturlielumi ir izsakāmi ar šādu formulu palīdzību:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (1)$$

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\right)^{-1}, \quad (2)$$

$$P_{rinda} = \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} p_0, \quad (3)$$

$$L_{rinda} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{n * n! \left(1 - \frac{\rho}{n}\right)^2}, \quad (4)$$

$$T_{rinda} = \frac{1}{\lambda} L_{rinda}, \quad (5)$$

$$L_{sistēma} = L_{rinda} + \rho, \quad (6)$$

$$T_{sistēma} = \frac{1}{\lambda} L_{sistēma}, \quad (7)$$

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho, \quad (8)$$

$$\bar{k} = \rho/n, \quad (9)$$

$$C_{rel.} = \frac{1}{\lambda} n + 2T_{rinda}, \quad (10)$$

$$P(r \leq \text{klients}) = p_1 + p_2 + \dots + p_n + p_{n+1} + p_{n+2}, \quad (11)$$

Kur:

λ - vidējais klientu skaits apkalpošanas sistēmā;

μ - klienta apkalpošanas laika periods;

ρ – plūsmas intensitāte;

n – apkalpošanas kanāls;

p – varbūtība, ka apkalpošanas sistēma tukša;

L_{rinda} - vidējais klientu skaits klientu apkalpošanas sistēmas rindā;

$L_{sistēma}$ - vidējais klientu skaits apkalpošanas sistēmā;

T_{rinda} - vidējais laiks, kuru klients pavada rindā. [11]

Secinājumi

Pēc aptaujas rezultātiem muitas klientu ierosinājumi apkalpošanas uzlabošanai "labāk informēt par izmaiņām, paaugstināt darbinieku kompetences līmeni, laipnāku, pretimnākošāku attieksmi, palielināt darbinieku skaitu..." [12]

MKP 0210 klientu apkalpošanas kvalitāti ietekmējošie faktori valstī pastāvošās Covid 19 pandēmija, AK izstāšanās no ES, pārmaiņās PVN likumdošanā, kā arī amata prasībām neatbilstošs atalgojums, motivācijas trūkums un muitas darbaspēka novecošana.

Efektīvai muitas klientu apkalpošanas sistēmai, MKP 0210 un citu Latvijas punktu noslogotības prognozei, it sevišķi straujas likumdošanas mainības apstākļos nepieciešama muitas procedūru hronometrāža un masu apkalpošanas teorijas metožu pielietošana.

Izmantoto informācijas avotu saraksts

1. Metodiskā rokasgrāmata par pakalpojumu sniegšanas un kvalitātes jautājumiem. 2014. Skatīts 01.04.2021. Pieejams: <https://www.sif.gov.lv/nodevumi/nodevumi/3127/PPS%20rokasgramata%20v07a.pdf>
2. Latvijas jūras medicīnas centrs. <https://ljmc.lv/aktuali/kas-ir-covid19-un-kadi-ir-ta-simptomi/>
3. Cilvēks.Valsts. Likums. <https://lvportals.lv/skaidrojumi/321285-ka-uznemejiem-sagatavoties-darījumiem-ar-treso-valsti-apvienoto-karalisti-2020>
4. Eiropas Parlaments. Eiropas Savienības faktu lapas. 2018. Skatīts 02.05.2021. Pieejams: europarl.europa.eu/atyourservice/lv/displayFtu.html?ftuId=FTU_1.1.1.html;
5. VID. Elektroniskās muitas datu apstrādes sistēmas apraksts. 2014. Skatīts 20.05.2021. Pieejams: vid.gov.lv/sites/default/files/iepirkumi/5.pielikums_158.pdf;
6. L.Jefremova, S.Negrejeva (2018) Rīgas brīvdostas MKP 0210 analīze un darbības efektivitātes paaugstināšanas, RAI, Rīga, no 1 līdz 182 lpp.
7. Skaties. <https://skaties.lv/zinas/latvija/neka-personiga/ja-muitnieki-nesanems-izdienas-pensijas-vini-varetu-lemt-par-streika-rikosanu/>
8. Par Valsts pārvaldes likuma 6.pantā noteiktā Valsts pārvaldes vienotības principa ievērošanu
9. Likums. <https://likumi.lv/ta/id/302520-par-konceptualo-zinojumu-par-3-pensiju-limena-iemaksu-veikšanu-un-izdienas-pensiju-pieskirsanu-valsts-ienemumu-dienesta>
10. Jauns. <https://jauns.lv/raksts/bizness/438744-pakas-no-kinas-internetveikaliem-izmaksas-dargak>
11. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике. Москва: Юнити, 2005. 408 стр.
12. VID. Muitas klientu apkalpošanas kvalitātes pētījums. 2020. Skatīts 01.02.2021. Pieejams: vid.gov.lv/sites/default/files/dokumenti/atskaite_vid_muita_10_11_2016.pdf;

THE TRADE COMPLEMENTARITY INDEX, THE CASE OF KAZAKHSTAN AND ITS TRADE PARTNERS

Konstantīns Savenkovs¹, Giyasov Farkhod¹, Malgorzata Sztorc²

¹Riga Aeronautical Institute

²Kielce University of Technology, *Poland*,

k.savenkovs@rai.lv, frankstraightforward.23@gmail.com, msztorc@tu.kielce.pl

Abstract

The current paper is engaged to study the issues of the utmost importance relevant to the trade complementarity between Kazakhstan and its trade partners, namely Russia and Japan. The obtained empirical analyses are on the basis of the exploited model, trade complementarity index (TCI) which reveals that complementarities of Kazakhstan to its trade partners mentioned above are predominantly in the the resource-intensive products.

Keywords: Kazakhstan, Trade Complementarity Index (TCI), SITC (Standard International Trade Classification) products.

Introduction

The complementarity index is designed to gauge the degree of one country's export pattern that may coincide with the import pattern of another. Auspicious prospects of a successful trade arrangement are assumed to be indicated by a high complementarity degree. According to Callaghan (2008) the analysis of structural complementarity is connected with, but not limited to, competitiveness. The measurement of structural complementarity can be introduced by highlighting the relative productivity and trade strengths of countries.

The trade Complementarity index is another useful tool to measure structural complementarity between different countries at a certain time. The index is used to evaluate how the exports specialization of a country and the imports specialization of its partners complement compared to the Rest of the World. This index is in fact the product of the export specialization index of country A and the import specialization index of country B (Callaghan, 2008).

According to the theory of increasing returns to scale proposed by Helpman and Krugman (1985), strong trade competitiveness between a country and its trading partners means that the trade structure of the two countries is similar, and it is difficult for the two countries to carry out inter-industry trade. It is easier for the two countries to carry out intra-industry trade. The trade competitiveness of the two countries will inhibit the bilateral trade of the two countries. Based on the factor endowment theory put forward by Heckscher and Ohlin (1933), the greater the difference in factor endowment between a country and its trading partners, the stronger the trade complementarity between the two countries will be, and it will be easier for the two countries to carry out inter-industry trade. Therefore, the trade complementarity between the two countries will promote bilateral trade between the two countries.

The traditional analysis indicators of trade competitiveness and complementarity between the two countries are based on the revealed comparative advantage index (RCA). The RCA was proposed by American economist Balassa (1965, 1989). It has been widely

used. Around the evolution of this index, many documents have been produced in the international academic circles (Allan & Philip, 2005; Cypher & Dietz, 1998; Hardwick, 1998; Hoekman, 1995; Peterson, 1988; Peterson & Barras, 1987; Srinivasan, 2004; Wu & Zhou, 2006). It also derives other related indicators, such as the comparative advantage index (CAI), the trade competitiveness index (TC), the international market share (IMS), and the trade overlap index (TO). However, the RCA and its derivative indicators have also been criticized in many ways: for example, for the problems with calculation methods and cross-period comparison, the lack of objectivity in the prevailing intra-industry trade, and data authenticity being disturbed by market monopoly and government control (Liu, 2001; Lu, 2006, 2007; Sang & Li, 2011). As a result, many scholars began to use comprehensive evaluation systems in their research (Ana & Paul, 2007; Blzquez, Rodrguez, & Santiso, 2007; Martin & Michael, 2010; Sang et al., 2014; Sang & Li, 2011; Zhang & Cui, 2011; Zhan & Jia, 2018).

Among them, the indicators proposed by Blzquez et al. (2007) are widely recognized (Sang et al., 2014; Sang & Li, 2011; Zhang & Cui, 2011). They explain that by comparing the import and export structures of the two countries in a specific period of time, the competitiveness and complementarity of the two countries can also be calculated more intuitively. They demonstrated that in a specific period of time, if the export structure of the two countries was very similar, there was a great possibility of fierce competition between them. If the import of a particular country coincided with the export of another country, this indicated that the country's trade potential was likely to increase. In this section, to analyse the bilateral trade between China and the countries along the B&R from the perspective of import and export trade structure, we adopt the trade competitiveness coefficient and trade complementarity index proposed by Blzquez et al. (2007), Sang and Li (2011), and Sang et al. (2014) to measure the trade competitiveness and trade complementarity between China and the countries along the B&R.

Objective of the Research

The research has been purposefully carried out to study analytically the prominence of the SITC (Standard International Trade Classification) to identify the products for Kazakhstan to obtain commercial relations with its trade partners.

Methodology

The research based differentiating absolute value of import as well as export shares of the countries is divided by two. The displayed index is in a percentage. The level of the complementarity is evaluated by the range from 0 to 100 percent. The conducive correspondence is exposed by the range close to 100%.

The empirical results are based on the following formula:

$$TCISAB = \frac{x_s A}{t_s WA} * \frac{m_s B}{t_s WA}$$

Where $x_s A$ stands for share of industry S in country A's export to B $m_s B$ is the share of industry s in country B's imports to A, $t_s WA$ is the share of industry s in world imports, from country A's viewpoint.

Empirical results

Year	2005	2006	2007	2008	2009
SITC 68	7.431805218	7.487636064	7.008329613	5.1837233	4.615663458
SITC 67	5.470598043	4.791184657	4.802543507	4.395994686	3.19000204
SITC 33	5.283811838	5.728586483	6.0864163	6.111732784	5.799013338
SITC 34	0.344946709	0.867357649	1.708082974	1.463123725	2.002378237
SITC 86	0.101284773	0.057742751	0.046491724	0.029461872	0.047455695
SITC 71	0.082132045	0.084619039	0.061958396	0.064481967	0.053332288
SITC 73	0.055841512	0.086166341	0.059892942	0.062108801	0.040723222
SITC 89	0.035144051	0.018252518	0.014951225	0.017619213	0.015057131
SITC 72	0.034073542	0.029259375	0.024267926	0.025522997	0.019758055

Source: Author’s own calculations based on data from World Bank

Figure 1 Trade Complementarity Index calculation

The results indicating a strong complementarity within the period of 2000 – 2004, exists between Kazakhstan and its trading partners in the following products: SITC 33 - Petroleum and petroleum products, SITC 67 - Iron and steel, SITC 68 – Non-ferrous metals.

Year	2010	2011	2012	2013	2014
SITC 68	4.317177165	4.226747067	3.728909409	2.972136749	3.435572775
SITC 67	2.22792895	1.686716004	1.881924941	1.965882689	2.290321245
SITC 33	5.242041509	4.787336752	4.715269754	4.038992638	4.828924696
SITC 34	1.249257198	1.027804399	1.173658034	1.094337356	1.86907154
SITC 86	0.026637743	0.013357995	0.013004476	0.014094551	0.014558761
SITC 71	0.053942729	0.047617631	0.044094328	0.039092857	0.044572845
SITC 73	0.035665479	0.119651868	0.137280183	0.140492631	0.031917237
SITC 89	0.022537368	0.015257002	0.014951491	0.012709873	0.016109453
SITC 72	0.015593031	0.010727909	0.015053289	0.013945741	0.011522591

Source: Author’s own calculations based on data from World Bank

Figure 2 Trade Complementarity Index calculation

The following period between 2005 and 2009 taken to have the estimation conducted, shows that the SITC sectors such as SITC 33 - Petroleum and petroleum products and SITC 34 - Gas, natural and manufactured have a slight complementarity while sectors SITC 67 - Iron and steel and SITC 68 – Non-ferrous metals indicate a strong complementarity.

Year	2015	2016	2017	2018	2019
SITC 68	3.124398477	3.031854217	3.899350184	2.986077194	2.344615204
SITC 67	1.936612925	2.137481539	2.133769152	1.306976956	1.460308132
SITC 33	4.670273349	3.90364656	3.627672301	4.090535488	4.411232578
SITC 34	1.315809807	1.741104056	1.540874944	1.525478261	1.676421004
SITC 86	0.018092399	0.020412255	0.019082863	0.021038015	0.016058012
SITC 71	0.026819785	0.044360739	0.062369069	0.065012072	0.099646012
SITC 73	0.031314311	0.03524769	0.065347807	0.07327528	0.093275391
SITC 89	0.011388903	0.035511287	0.158929648	0.038685701	0.03967354
SITC 72	0.007936007	0.011993256	0.020398941	0.021055657	0.042589896

Source: Author’s own calculations based on data from World Bank

Figure 3 Trade Complementarity Index calculation

The final five years utilized in TCI estimation obviously show that the sectors of SITC 33 - Petroleum and petroleum products and SITC 68 – Non-ferrous metals have a strong complementarity while SITC 67 - Iron and steel and SITC 34 - Gas, natural and manufactured have a slight complementarity.

Conclusion

The promulgated TCI (Trade Complementarity Index) has made it feasible to evaluate the scenarios of propitious prospects of a successful commerce to advance Kazakhstan trade relations. In accord with the outcome gained after having conducted the estimation based on SITC sectors within the period of 15 years, it has been perceived that the following goods, namely petroleum, gas, iron, steel and non-ferrous metals possess the utmost importance in expansion of trade relations.

References

1. Viet Hoang (2017-agricecon) Assessing the agricultural trade complementarity of the Association of Southeast Asian Nations countries
2. Jiyong Chen, Dabo Chen, Aiping Yao (2020 – Pacific Economic Review) Trade development between China and countries along the Belt and Road: A spatial econometric analysis based on trade competitiveness and complementarity
3. Kabiru Hannafi Ibrahim, Abdulaziz Shehu (Asian Journal of Economic Modelling, 2016) NIGERIA-INDIA BILATERAL TRADE RELATIONS: AN ANALYSIS OF TRADE COMPLEMENTARITY INDEX (TCI)
4. Zheng, Xiaosong; Jia, Lijun; Bao, Jiawen; Chen, Jiao (2018 - Amfiteatru Economic Journal) A study of trade complementarity between China and the Baltic States and its development strategies
5. Kabiru Hannafi Ibrahim (2015 - Journal of Economics and Finance) Trade Complementarity and Similarity between Nigeria and India in the context of Bilateral Trade Relations.
6. Nevzat ŞİMŞEK, Cengizhan CANALTAY, Hayal Ayça ŞİMŞEK (PERCEPTIONS, 2017) Trade Relations Between Turkey and Kazakhstan on the 25th Anniversary of Kazakhstan's Independence

UNIDIRECTIONAL COMPOZITE COMPONENT DESTRUCTION MODEL

Juris Gutans¹, Rafal Chatys², Druvis Verzemnieks³, Martins Kleinhofs⁴

^{1, 3, 4} RTU Aeronautikas institūts

² Kielce University of Technology

martins.kleinhofs@inbox.lv, chatys@tu.kielce.pl

Abstract

This paper is devoted to important issues of strength determination and prediction of destructive processes of composites; these issues enable determining the limits of safe use of a product and to recognize when limits are reached. Study the distribution function of composite and its components. Developed model that is presented in this paper enables to describe not only the predictable strength of unidirectional composites, but also the character of the destruction, taking into account the fiber stress and/or ultimate strain distribution.

1.Introduction

Advanced composites may be described as layers, or plies, or high-strength fibers embedded in matrix of plastic resin. The advanced composite materials on the 757 and 767 airplanes consist mostly of graphite or aramid (Kevlar) fibers, woven into a fabric form and pre-impregnated with a partly-cured resin. Wing leading and trailing edge panels, control surfaces, and wing-to-body fairings are constructed in this way. Panel edge bands and control surface spar and rib chords are constructed from laminate materials with no core. The best-known technological innovation aboard the A380 is Glare (glass-fiber reinforced aluminum) composite material, which will be used for much of the upper fuselage skins. Glare offers 15-30% weight savings over aluminum and boasted excellent fatigue properties. Altogether the A380-800 will incorporate 27 Glare panels covering a total area of 469m². Although composite materials will account for some 16% by weight of the A380 airframe, saving about 15 tonnes over the weight of an equivalent all-metal structure (total empty aircraft weight will be around 280 tonnes), composite content could have been greater still had cost not been a limiting factor.

2.Experimental data processing

In order to study the distribution function of composite items a special tests were made. The values of 64 carbon-fiber strand strengths and 64 special 10-strand specimen strengths were obtained. (Every specimen was made of 10 strands). Then the test of 14 composite specimens was created.

Table 1.

Results of tests of static strength

	1 strand	10 strands	Specimens
1	448.3	297.2	317.1
2	454.2	316.9	323.9
3	484.6	347.3	339.7
4	490.5	350.2	341.3
5	496.4	350.2	346.2
6	496.4	358.1	347
7	509.2	370.8	348.1
8	514	371.8	356.9
9	519.9	375.7	361.1

10	523.9	383.6	361.4
11	524.8	383.6	368.1
12	529.7	386.5	378.9
13	530.7	389.4	391
14	571.9	414.9	396.5
15	574.9	420.8	
...	
55	794.6	568.9	
56	799.5	577.8	
57	799.5	586.6	
58	802.5	596.4	
59	808.3	600.4	
60	860.3	655.7	
61	868.2	680.8	
62	877.9	688.7	
63	886.8	719	
64	869.2	774.0	

At every step of development of complex composite material (from fiber to strands, from strands to film and then to multi-layer composite) we see the change of strength probability distribution function parameters: mean strength decreases, standard deviation decreases also. In figures 1 the classical probability plots for static strength of composite and its components are shown.

The main idea of Daniels’s model is uniform distribution of tension loads between parallel unbroken items (strands or fibers). Suppose that initial items are strands. Before the test there are n parallel strands and at the tension load s (per one strand) the expected part of destroyed strands will be equal to $F(s)$, where $F(\cdot)$ is a cumulative distribution function of a strand strength. Then the expected strength of bundle of n strands, destruction load, is equal to

$$s_b = \max_s n \cdot s(1 - F(s)) \quad (1)$$

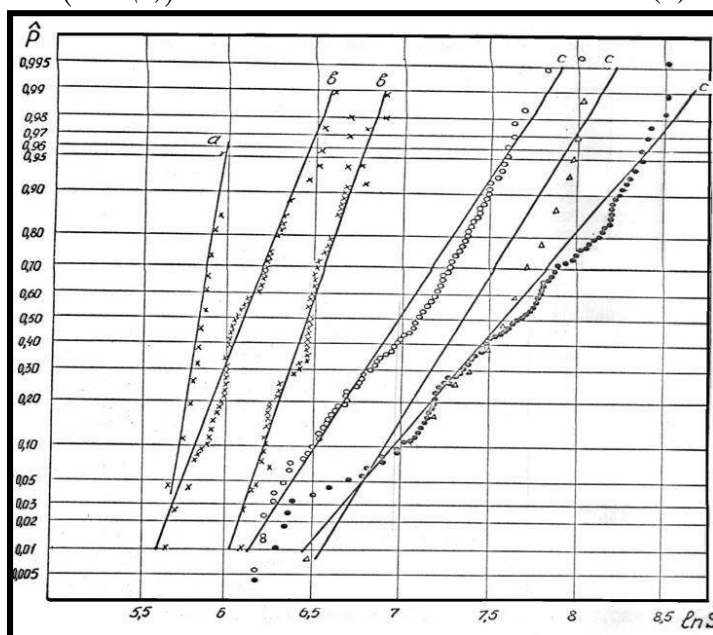


Fig.1. The normal plot for static strength of a- specimens (structure:0-6/+45-4/90-3), б – 10 strands; в – 1 strand, г, д – fibers ПАН; e – fiber СПАН.

Later on we put here $n = 1$, then we can consider the value s as the stress in parallel unbroken strands and s_b as the mean breaking nominal strength. The main result of Daniels is formulated in following way: “ If all the fibers have the same load-tension curve and $b(s)$ is probability of failure of one fiber under load s and $(1-b(s))$ converges to 0 faster than $1/s$, then the strength s of strand of enough larger number n of fibers has normal distribution with expectation value.

$$S_r = n \cdot s_r \cdot [1 - b(s_r)], \quad (2)$$

Standard deviation

$$\sigma = s_r \cdot \sqrt{n \cdot b(s_r) \cdot [1 - b(s_r)]}, \quad (3)$$

Where s_r corresponds to maximum of:

$$s \cdot [1 - b(s)]'''. \quad (4)$$

So the mean strength is defined by formula:

$$\bar{S}_r = s_r \cdot [1 - b(s_r)], \quad (5)$$

and its standard deviation by formula:

$$\bar{\sigma} = s_r \cdot \sqrt{b(s_r) \cdot [1 - b(s_r)]} / \sqrt{n}. \quad (6)$$

In previous section we have chosen the lognormal distribution as the most appropriate for the static strength distribution of composite components. In this case we are interested in studying the function:

$$y(x) = x(1 - \Phi_0((\log(x) - \theta_0) / \theta_1)), \quad (7)$$

where $\Phi_0(\cdot)$ - is normal standard distribution function.

3. Statistical Model

The process of destruction of a composite under the influence of load and the influence of various operating factors is considered as a sequential accumulation of damage [1,2]. At the very beginning, damage to the components inside the elementary volume (destruction of individual fibers, bundles), cracking of the matrix and the development of nidus of microdestruction to avalanche development and the formation of macrocracks are observed. The model describes the phenomenon observed during processing of experimental data that the strength of fibers, fiber bundles, microplastics, samples, respectively, decreases with increasing complexity of the structure. A bundle of fibers immersed in resin is presented as a microplastic, in which there is already some kind of styling, redistribution of the load and joint work of the fibers. A microsample is understood as a limited number of strands with a matrix having a regular packing.

It is accepted that:

$$E_f > E_{\text{strand}} > E_{\text{mikroplastika}} > E_{\text{mikrospecimen}} \quad (8)$$

$$\sigma_f > \sigma_{\text{strand}} > \sigma_{\text{mikroplastika}} > \sigma_{\text{mikrospecimen}}. \quad (9)$$

Based on the statistical characteristics of the physical and mechanical properties (PMP) of reinforcing fibers, the destruction of reinforced plastic under tensile load by successive fragmentation of the fibers (bundle) to the formation of a critical length that is not capable of transmitting normal stresses due to shear failure of the matrix is described as:

The model assumes that:

- 1) the composite material consists of fibers processed into bundles (bundles) and matrices, monolithically interconnected.
- 2) fibers (bundles) have random PMP, with randomly distributed defects;
- 3) the deformation in the section is the same in all components, the stresses in the matrix are less than the stresses in the bundles, and the shear deformations in the bundles are negligible in comparison with the shear deformations in the matrix;
- 4) near the internal break of a fiber (bundle) in the composition, the axial load perceived by it is transferred to neighboring fibers (bundles) due to shear forces in the matrix;
- 5) the accumulation of accidental damage to the material leads to the emergence of a sufficient number of non-working sections of fibers (bundles) throughout the volume and the formation of a weak section, which leads to destruction as a whole;
- 6) the concept of a critical elementary volume is used, which is responsible for the destruction;
- 7) It is assumed that the process of destruction proceeds in the same way both in a bundle with resin and in a unidirectional composite consisting of bundles.

The composite is presented, consisting of a large number of elementary volumes, in which there are structural elements with individual PSP (Fig. 2). In the bundle, the fibers also have different FMSs, respectively, different loading, and their destruction occurs randomly throughout the entire volume (Fig. 3).

microspecimen

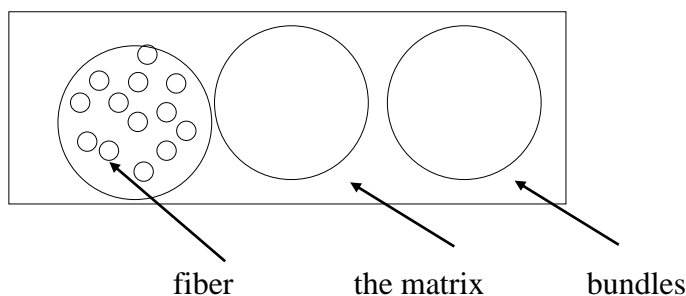


Fig. 2. Fiber bundles immersed in a matrix

A zone is gradually formed in which, when the critical number of fibers is destroyed, the elementary volume and, accordingly, the bundles as a whole are destroyed. According to the individual characteristics of monofilaments obtained from experiments or modeled according to the statistical characteristics of the PMP, the strength of the bundle is calculated by the formula:

$$F(\sigma) = 1 - \exp(-\alpha L \sigma^\beta), \quad (10)$$

where: α and β are the parameters of the Weibull distribution; L is the fiber length.

If there are experimental data on the strength of microplastics, then they are used to determine the strength of a bundle (microplastic), a unidirectional composite. When loaded, many harness failures can occur. The place of destruction is allocated randomly in the place of the least strong elementary volume, which is defined as the critical zone of destruction

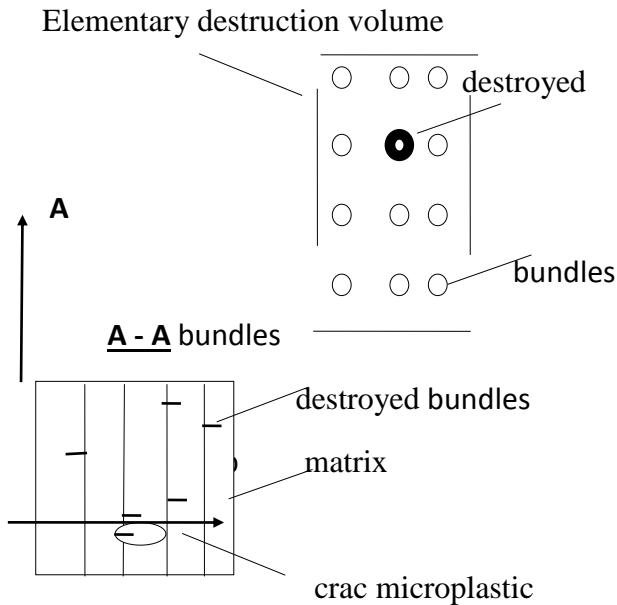


Fig. 3. Unidirectional layer and microplastic

In the event of a rupture, the redistribution of loads occurs at the critical length of the bundle. Figure 4. shows the diagrams of redistribution of the load through the shear stresses on the adjacent fiber (bundle), and the inclusion of the fiber in operation, on L_{cr} .

a. destruction of the bundle

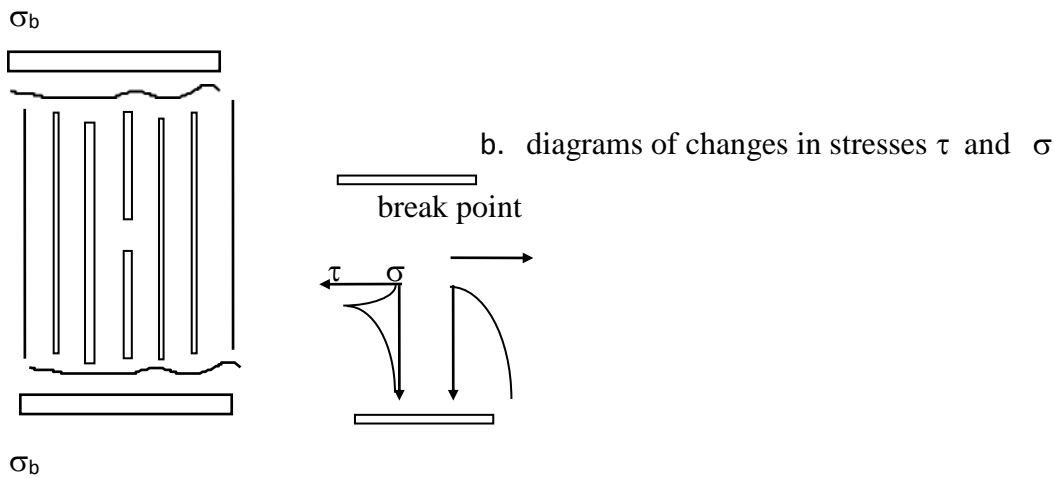


Fig. 4. Critical destruction zone

The matrix redistributes the load between the fibers (bundles) at the critical length L_{cr} , calculated using the Rosen model [1]:

$$L_{кр} = d_f \left[\left(\frac{1 - V_f^{0.5}}{V_f^{0.5}} \right) \frac{E_f}{G_m} \right]^{0.5} \operatorname{arch} \left[\frac{1 - (1 - \varphi)^2}{2(1 - \varphi)} \right], \quad (11)$$

where: L_{cr} - critical ineffective length; φ - is the relative loading level at which the fiber is considered included in the work (0.97); d_f is the fiber diameter; E_f is the elastic modulus of the fiber; G_m - matrix shift modulus; V_f is the filling factor.

The critical length L_{cr} is calculated taking into account the time and temperature patterns of deformation of the matrix and fiber, resin and bundle through the PMP components. [2] When the bundle or the fiber itself breaks in the bundle, in the composite, it does not fail completely, but only its ends closest to the rupture are unloaded. The remaining parts of the fiber or bundle are loaded again and can be split several times until the final fiber length reaches L_{cr} , on which the matrix can no longer load the adjacent fiber (bundle) by means of shear stresses.

In the calculations, it is possible to take into account the change in strength under the influence of temperature, moisture, time and other environmental factors, according to empirical formulas compiled on the basis of processing experimental data. If the maximum stress exceeds the limiting one, then the fracture process will not stop until the sample is destroyed. If it is less than the limit, then the sample retains its bearing capacity. The process will continue with increasing load until the ultimate strength is exceeded in any bundle. When modeling the fracture process, a step-by-step increase in stress leads to a repeated redistribution of local stresses in the bundle or fiber. If destruction does not occur yet, then we increase the load again until the destruction of the weak elementary volume occurs [3]. If two or more bundle collapse side by side at the same time, then there is a high probability that catastrophic destruction will begin.

Conclusion: sequential application of the proposed sequence of strength of the bundle, unidirectional sample, taking into account the change in PMP under the influence of temperature, moisture, aging time, etc.

References:

- 1 Т.Фудзи, М.Дзако Механизм разрушения композиционных материалов Москва, Мир, 1982.-231с
- 2 М. Клейнхоф, Р. Хатыс. Изменение прочности конструкции транспортных средств из композитных материалов под воздействием эксплуатационных факторов / Informator VIth Naukowej Konferencji. "Problemy niezawodnosci transportu.", Warszawa, Ustron - Jaszowiec, 19-22maja 1997r. - p.199...206.
- 3 И.М.Копьев, А.С.Овчинский Процессы разрушения композиционных материалов. Имитация микро и макромеханизмов на ЭВМ. Москва, Транспорт. 1988.-438с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ЭРД)

Сергей Кравченко¹, Николай Кулешов¹, Наталья Панова¹, Владимир Шестаков^{1,2}

¹ Cryogenic and Vacuum Systems

² Riga Aeronautical Institute,

sergey@cvsys.eu, kuleshov@relat.lv, shestakov@inbox.lv

Abstract

Electric Propulsion Thrusters (EPT) - rocket engine, the principle of which operation is based on the conversion of electrical energy into kinetic energy of particles. Today, there is a wide variety of electric propulsion thrusters, since they are developed based on various scientific and technical principles and differ in a huge variety. The EPT classification has not been established yet. In the scientific literature, there are various systems that use various features of an EPT for classification. We think these classifications of EPT are rather unclear. In this article, the authors propose their own classification system for electric propulsion, obtained on the basis of the analysis. It is proposed to classify the EPT according to the prevailing mechanism of particle acceleration. Then the electric propulsion, in which the operational processes differ in principle, can be divided into 3 classes.

Аннотация

Электрический ракетный двигатель (ЭРД) — ракетный двигатель, принцип работы которого основан на преобразовании электрической энергии в кинетическую энергию частиц. На сегодняшний день существует большое разнообразие ЭРД, поскольку они разрабатываются исходя из различных научно-технических принципов и отличаются огромным разнообразием. И классификация ЭРД не устоялась и на сегодняшний день. В научной литературе встречаются различные системы, использующие для классификации различные признаки ЭРД. Нам представляется эти классификации ЭРД достаточно неясными. В данной статье авторы предлагают свою систему классификации ЭРД, полученную на основе проведенного анализа. Предлагается классифицировать ЭРД по преобладающему механизму ускорения частиц. Это позволяет разделить ЭРД, рабочие процессы в которых различаются принципиальным образом, на 3 класса.

Ключевые слова: электрический ракетный двигатель, тепловая мощность, ускорения частиц, сила тяги, удельный импульс.

Keywords: electric propulsion thruster, electric rocket engine, thermal power, particles acceleration, thrust, specific impulse

1. Introduction

С начала космической эры и до настоящего времени для старта с поверхности планеты и преодоления гравитации используются двигательные установки на основе химических ракетных двигателей, использующих энергию расширения газов, являющихся продуктами горения ракетного топлива. Однако уже в начале развития ракетной техники возникла идея использовать для ускорения рабочего тела в реактивных двигателях электрическую энергию. Электрические ракетные двигатели представляют собой чрезвычайно гибкие системы, рабочие процессы в которых весьма чувствительны. Разделение в ЭРД источника энергии и рабочего вещества позволяет

преодолеть ограничение, присущее химическим двигателям, - относительно невысокую скорость истечения рабочего тела. В ЭРД различных типов в зависимости от поставленной конкретной задачи могут по-разному сочетаться различные механизмы ускорения рабочего тела. На сегодняшний день существует большое разнообразие ЭРД, поскольку они разрабатываются исходя из различных научно-технических принципов. Классификация ЭРД не устоялась и на сегодняшний день. В литературе встречаются различные системы, использующие для классификации различные признаки ЭРД. Целью данной статьи представить разработанную авторами упрощенную систему классификации ЭРД, что поможет лучше ориентироваться в данной проблеме.

2. Классификация по принципу создания силы реактивной тяги ЭРД

По принципу создания силы реактивной тяги ЭРД делятся на две группы [1].

К первой группе относятся ЭРД с созданием силы реактивной тяги, как реакции на силу «отбрасывания» - истечения струи газообразного рабочего тела, расширяющегося в результате теплового действия электрического разряда. В некоторых конструкциях двигателей газификация рабочего тела также происходит в результате действия электрического разряда. Рабочее тело в таких двигателях находится в состоянии квазистационарной электрически нейтральной плазмы.

Ко второй группе относятся ЭРД с созданием силы реактивной тяги, как реакции на силу «отбрасывания» ионов рабочего тела, получаемую путем ионизации рабочего тела, дальнейшего ускорения ионов и выброса их за пределы зоны ускорения (за пределы двигателя). Для двигателей этой группы характерно, что плазма в двигателе не находится в квазинейтральном состоянии, так как в качестве механизма ускорения используется механизм ускорения тяжелых положительных ионов рабочего тела, кроме того в большинстве конструкций двигателей электроны плазмы задерживаются в источнике плазмы, под действием магнитного поля переводятся на замкнутые круговые или спиральные траектории движения. Таким образом увеличивается объемная концентрация электронов в источнике плазмы, при этом вероятность столкновения электрона с нейтральным атомом и ионизации этого атома электронным ударом существенно возрастает. Этот механизм используется для повышения степени ионизации и концентрации ионов рабочего тела в плазме. Для того, чтобы на корпусе двигателя не накапливался отрицательный заряд выходящую из двигателя ионизированную плазму, нейтрализуют путем ее облучения потоком электронов, истекающих из катодов-нейтрализаторов. Вторая группа ЭРД также носит название ионно-плазменных двигателей (ИПД).

3. Классификация ЭРД, предложенная “Electric Propulsion Innovation & Competitiveness” (EPIC) project

Наиболее полно отражающей современный Европейский уровень и состояние в области исследований и разработки ЭРД является классификация, предложенная в рамках “Electric Propulsion Innovation & Competitiveness” (EPIC) project [2]. Эта классификация основана на делении по принципу действия и главным элементам устройства двигателя. Классификация ЭРД включает 11 основных типов двигателей [3]. Рассмотрим подробнее данную классификацию.

Gridded Ion Engine (GIE) представляет из себя комбинацию источника ионов и электростатического ускорителя ионов в виде системы сеток, имеющих последовательно увеличивающийся отрицательный ускорительный потенциал. Двигатели этой схемы исторически были испытаны первыми в рамках эксперимента NASA SERT-1 experiment (Space Electric Rocket Test) [4]. Наибольшие практические

достижения в области использования ЭРД также связаны с применением двигателей данного типа [5]. У лучших образцов серийных двигателей Европейского производства удельный импульс составляет 3300 с, а тяга 25 мН. На образцах, находящихся на квалификационных испытаниях на орбите достигнут удельный импульс 4500 с (TRL7), а тяга 230 мН. В разработке находится перспективный двигатель с удельным импульсом 5000 — 10000 с и расчетной тягой 400 мН [6].

Hall Effect Thruster (HET) понимаются двигатели, использующие взаимное действие перекрестных осевого электрического и радиального магнитного полей на рабочее тело. Такой подход позволяет, во-первых, «запереть» электроны в магнитной ловушке и заставить их двигаться по кольцевой траектории, совершая многократные соударения с атомами рабочего тела (газа), что позволяет добиться более высокой степени ионизации газа, чем в других типах электрических ракетных двигателей использующих, например, ионные источники с электронным ударом и электростатическим ускорением ионов. Во-вторых, электрическое поле, создаваемое за счет эффекта Холла и перпендикулярное магнитному и осевому ускоряющему электрическому полям, образует дополнительный электромагнитный ускоритель ионов, который усиливает действие электростатического ускорителя [7]. У лучших образцов серийных Hall thrusters Европейского производства удельный импульс составляет 2020 с, а тяга 290 мН [6].

High Efficiency Multistage Plasma Thruster (HEMPT) представляет собой несколько последовательно соединенных ионных ускорителей. За счет конструкции магнитной системы, заимствованной от лампы бегущей волны и создающей оригинальную геометрию магнитного поля, «сжимающую» пучок плазмы вдоль оси двигателя, плазма в гораздо меньшей степени взаимодействует со стенками ускорительной системы, что существенно сокращает их эрозию и увеличивает жизненный цикл двигателя. Кроме того, в этом двигателе для ускорения ионного пучка применено не одно, а несколько «электронных колец» «запитанных» током, что повышает степень ионизации и создает дополнительное ускорение ионного пучка. На квалификационных испытаниях находится двигатель с удельным импульсом 3500 с (TRL7), а демонстрационный образец двигателя с тягой 320 мН готовится к испытаниям на TRL4 [6].

Pulsed Plasma Thruster (PPT) используются на космических аппаратах с 1964 г. В PPT используется твердое рабочее вещество в виде диэлектрических стержней или пластин, выполненных, в частности из фторопласта, установленных в межэлектродном промежутке (в разрядном промежутке). Первоначально производится электрический пробой межэлектродного промежутка, а затем зажигается основной электрический разряд между электродами. За счет выделяющейся в дуговом разряде энергии происходит эрозия (абляция) и испарение рабочего вещества с рабочих поверхностей диэлектрических шашек, ионизация рабочего вещества и ускорение ионизованного газа. Электрический разряд в PPT носит кратковременный характер: длительность разряда составляет от 1 до 100 мкс. Двигатели данного типа имеют тягу порядка нескольких микроныютонов и в настоящее время используются преимущественно в качестве двигателей коррекции для наноспутников [8].

Magneto Plasma Dynamic (MPD) Thruster – это двигатель, в котором ионы рабочего тела ускоряются в магнитном поле под влиянием силы Лоренца, поэтому их второе распространенное название - Lorentz Force Accelerator (LFA). Различают магнитоплазменные динамические двигатели с собственным магнитным полем и с внешним магнитным полем. С конструктивной точки зрения и с позиции полученных характеристик они настолько различны, что авторы позволили себе разделить их на

подклассы, несмотря на один и тот же принцип действия. В рамках данной классификации выделим также две группы двигателей, характеризующиеся признаками по способу создания магнитного поля и способу создания силы реактивной тяги.

Магнитоплазодинамические двигатели, классифицируемые по способу создания магнитного поля на двигатели с собственным магнитным полем и двигатели с внешним магнитным полем (гибридные магнитоплазодинамические двигатели). Также, магнитоплазодинамические двигатели можно классифицировать по геометрической форме электродов на торцевые двигатели с собственным или внешним магнитным полем и коаксиальные двигатели с собственным или внешним магнитным полем.

Магнитоплазодинамические двигатели с собственным магнитным полем. В таких двигателях термоэмиссионный катод, являющийся центральным электродом коаксиально окружен расширяющимся анодом, механически соединяющимся с ним через изолятор. Обычно катод состоит из вольфрамовой губки или зажатых в трубке вольфрамовых проволочек (по типу кисти для рисования). Рабочее тело (пар металла или газ) подается в разрядный промежуток через поры катода или промежутки между проволочками. В двигателях с собственным магнитным полем, ускоряющее магнитное поле создается при протекании радиального тока разряда в коаксиальной системе катод-анод, в силу закона Био - Савара - Лапласа индукция магнитного поля тем больше, чем больше сила тока разряда, следовательно, тем больше и сила Лоренца, под действием которой происходит ускорение ионов рабочего тела. Поэтому магнитоплазодинамические ЭРД работают в областях сравнительно низковольтного разряда с килоамперными токами разряда. Основным достоинством ЭРД данного типа является сравнительная простота конструкции при достаточно высокой эффективности двигателей и теоретически неограниченной подводимой мощности.

Магнитоплазодинамические двигатели с внешним магнитным полем. Это двигатели, в которых магнитное поле, необходимое для возникновения силы Лоренца, ускоряющей ионы рабочего тела, создается внешним по отношению к разрядной области источником. С появлением высокотемпературных сверхпроводящих магнитов стало возможным создание магнитных систем, генерирующих магнитные поля с индукцией порядка единиц Тесла с относительно небольшим весом и умеренной стоимостью.

Таким образом, стало возможным создание магнитоплазодинамических двигателей, в которых не происходит сильноточного разряда, приводящего к разрушению электродов, но сохраняются основные преимущества двигателей такого типа — неограниченная мощность, большая тяга, высокий удельный импульс. Для того, чтобы полностью реализовать преимущества двигателей такого типа применяются безэлектродные источники плазмы, в которых плазма возбуждается радиочастотным методом. В этом случае плазма не вступает в контакт с частями двигателя и не оказывает на них разрушающего воздействия.

Quad Confinement Thruster (QCT) Двигатель данного типа является продолжением идеи High Efficiency Multistage Plasma Thruster (HEMPT), но магнитное поле, удерживающее плазму от контакта со стенками ускорительного канала формируется в нем системой из 4-х электромагнитов, установленных с каждой стороны керамического корпуса канала, имеющего квадратное сечение. Главное достоинство ЭРД данного типа заключается в том, что за счет управления током электромагнитов и, соответственно, конфигурацией магнитного поля в канале возможно отклонение выходящего ионного потока от оси двигателя (по аналогии с отклонением электронного пучка отклоняющей системой в электронно-лучевой трубке) — то есть управление вектором тяги.

Resistojet - это наиболее простой тип ЭРД. Главное достоинство таких двигателей заключается в том, что теплота создается не за счет химической реакции, а за счет электрического нагрева и эти двигатели не нуждаются в горючем и окислителе, либо самовоспламеняющемся горючем (однокомпонентные химические двигатели), а рабочим телом в таких двигателях могут быть химически инертные газы или жидкости с большим удельным весом паров, а также пары тяжелых металлов. Главный недостаток таких двигателей связан со сравнительно низкой температурой нагрева резистивного нагревателя, верхний предел которой не превышает 2500 С. С учетом тепловых потерь максимальная температура рабочего тела как правило находится в пределах 500 — 800 С, следствием чего является малый удельный импульс, составляющий порядка 100 с у лучших моделей резистивных двигателей. Двигатели этого типа разрабатываются очень многими организациями [9, 10].

Field Emission Electric Propulsion (FEED) Это электростатический ионный двигатель, принцип действия которого схож с принципом действия электровакуумных приборов с холодным катодом. В таком двигателе, под действием сильного электростатического поля, из анода, выполненного в форме острого конуса из мягкого проводящего материала с малым потенциалом ионизации (цезий, рубидий, индий) эмитируются ионизированные «капли» - группы ионов и нейтральных атомов субмикронного размера, которые в дальнейшем ускоряются в электрическом поле ускоряющего электрода. Преимущества ЭРД данного типа очевидны — простота и, следовательно, высокая надежность, хорошие масса -габаритные характеристики, отсутствие баков с рабочим телом и системы его подачи, так как запас рабочего тела образует «самозаостряющийся» анод двигателя, широкий диапазон регулирования удельного импульса. Недостатки двигателя — диапазон тяги от микроньютон до единиц миллиньютонов и сравнительно ограниченный запас рабочего тела. Удельный импульс, полученный в экспериментальных образцах превышает 6000 с, а достигнутая тяга составляет 2 мН [6].

Colloid and Electro spray Thrusters — это также двигатели с электростатической эмиссией, но в отличие от Field Emission Electric Propulsion в них рабочим телом выступает жидкость (аэрозоль) или коллоидная масса, частицы (капли) которой также «вырываются» под действием электростатического поля и ускоряются в нем. Недостатки и преимущества, а также основные характеристики и область применения таких двигателей схожи с Field Emission Electric Propulsion thrusters. Двигатели данного типа в основном находятся в различных стадиях разработки и испытаний [6].

Electrode-less thrusters. В ЭРД данного типа для создания и ускорения плазмы используются системы, не содержащие электродов, контактирующих с плазмой. Принцип действия таких двигателей заключается в следующем: перевод рабочего тела в состояние плазмы осуществляется с помощью так называемого безэлектродного разряда - газового разряда, возбуждаемого путем воздействия высокочастотного или импульсного электромагнитного поля на рабочее тело (газ) за счет его объемной ионизации. В двигателях различных конструкций используются все три вида высокочастотного газового разряда - емкостной, индуктивный и геликонный, характеризующиеся различной температурой и концентрацией плазмы [11]. Преимущества двигателей этого типа:

- во-первых, поскольку плазма не взаимодействует с элементами конструкции двигателя, ресурс такого двигателя существенно возрастает;

- во-вторых, поскольку в ЭРД данного типа происходит прямое преобразование энергии электромагнитного поля в кинетическую энергию рабочего тела, то у них очень высок коэффициент использования рабочего тела;

- в- третьих, в таких ЭРД достаточно просто можно добиться хороших показателей по преобразованию подводимой электрической энергии в механическую, так как основными элементами конструкции подобных двигателей являются радиочастотные резонансные системы, для проектирования и настройки которых на резонанс и устранения потерь в них создано множество математических моделей, серийно выпускаемой аппаратуры и накоплен огромный практический опыт в технике радиосвязи.

4. Результаты и дискуссия

Нам представляется описанная выше классификация ЭРД достаточно громоздкой. Поэтому на основе проведенного анализа предлагается классифицировать ЭРД по преобладающему механизму ускорения частиц. Тогда ЭРД, рабочие процессы в которых различаются принципиальным образом, можно разделить на 3-и класса (рис. 1):

- электротермические;
- электростатические;
- электромагнитные.

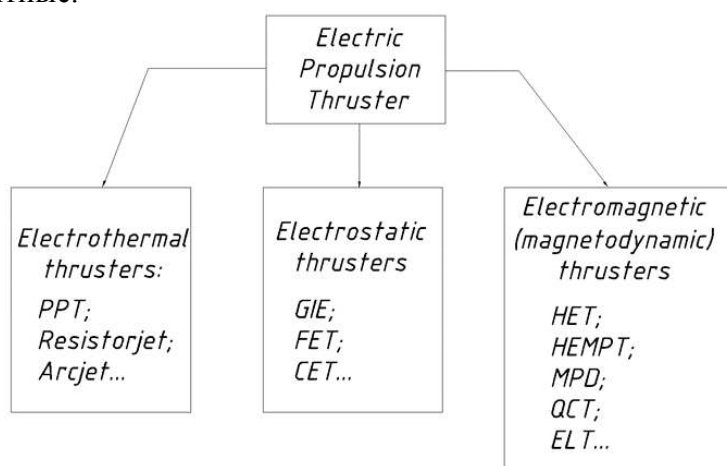


Рис. 1. Предлагаемая классификация

К электротермическим двигателям можно отнести все двигатели, использующие термодинамические принципы увеличения внутренней энергии рабочего тела для ускорения частиц:

- электрические дуговые;
- резистивные;
- струйные;
- индукционные.

Электростатические двигатели классифицируем по особенностям организации зон ионизации и ускорения для двигателей электростатических двигателей с протяженной зоной ионизации и ускорения и для двигателей с узкой зоной ионизации и ускорения.

Двигатели с узкой зоной ионизации и ускорения, в свою очередь, делятся по количеству зон или ступеней ионизации и ускорения на одноступенчатые и многоступенчатые.

К электромагнитным двигателям следует отнести ЭРД, использующие силу Лоренца для ускорения частиц.

5. Выводы

Проведенный анализ научных материалов по электрическим реактивным двигателям показал их огромное разнообразие, так как они разрабатываются исходя из различных принципов. Общепринятой их классификации на настоящее время не существует и исследователям, занимающимся этими проблемами, достаточно трудно ориентироваться при выборе нужного материала.

Авторы предлагают классифицировать ЭРД по преобладающему механизму ускорения частиц. Тогда ЭРД, рабочие процессы в которых различаются принципиальным образом, можно разделить на 3 класса, что поможет лучше ориентироваться в данной проблеме.

Список используемых информационных источников

1. Ion and Plasma Rocket Thrusters. In: Encyclopedia of Low Temperature Plasm, vol. IV Ed. Academician Fortov, V. E. Moscow: Nauka, 2000, pp. 291-331.
2. "Electric Propulsion Innovation & Competitiveness" (EPIC) project Pieejams: http://epic-src.eu/?page_id=63
3. EPIC. Electric Propulsion applications and type of thrusters. Доступно: http://epic-src.eu/?page_id=63
4. Sovey J. S., Rawlin V. K. and Patterson, M. J. (2001) Ion Propulsion Development Projects in U. S.: Space Electric Rocket Test 1 to Deep Space 1. Journal of Propulsion and Power, Vol. 17, No. 3, pp. 517-526.
5. Patterson, M. Ion Propulsion. NASA Glenn Research Center, 11.01.2016. Доступно: <https://www.nasa.gov/centers/glenn/about/fs21grc.html>
6. Arcis N. (2015) Report D2.1 Database on EP (and EP-related) technologies and TRL. EPIC. Доступно: <http://epic-src.eu/wp-content/uploads/EPIC-D2.1-1.2.pdf>
7. Goebel D., Katz I. (2008) Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters. Pasadena: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 493 p.
8. Cassady R. J., Hoskins W. A., Campbell M., Rayburn C. (2000) A micro pulsed plasma thruster (PPT) for the "Dawgstar" spacecraft. In: 2000 IEEE Aerospace Conference. Proceedings, MT, USA: Big Sky, 2000, vol. 4, pp. 7-14.
9. Surrey Satellite Technology Limited. Доступно: <https://www.sstl.co.uk/Products/Subsystems/Propulsion-Systems/Low-Power-Resistojet>.
10. Institute of heat engineering. (2013) Gas Resistojet Thruster for Medium Size Satellite Attitude Control. Web-publication. Warsaw: Institute of heat engineering, Доступно: <https://www.eng.itc.pw.edu.pl/Pracownicy/Badawczo-dydaktyczni/Mezyk-Lukasz/Resistojet>
11. Emsellem, G. D., Larigaldie, S. (2007) Development of the Electrodeless Plasma Thruster at High Power: Investigations on the Microwave-Plasma Coupling. In: The 30th International Electric Propulsion Conference, Florence, 2007, IEPC-2007-240, pp. 1-17.

ИЗМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТА НА ПОСАДОЧНОМ РЕЖИМЕ В УСЛОВИЯХ СДВИГА ВЕТРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УПРАВЛЯЮЩАХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Mareks Šlihta¹, Vladimirs Šestakovs²

¹⁻²Riga Technical University, Institute of Aeronautics

Mareks.sl@inbox.lv; shestakov@inbox.lv

Abstract

The phenomenon of wind shear is one of the most dangerous adverse environmental factors from the point of view of aircraft flight safety. The article provides an analysis of the conditions for the occurrence of wind shear and the results of a study of changes in the flight characteristics of an aircraft when hit by wind shear in the landing mode of flight.

Keywords: difficult weather conditions, wind shear, safety, research, microbursts, turbulence.

Аннотация

Явление сдвига ветра оди из наиболее опасных неблагоприятных факторов внешней среды с точки зрения безопасности полетов воздушных судов. В статье приводится анализ условий возникновения сдвига ветра и результаты исследования изменения полетных характеристик самолета при попадании в сдвиг ветра на посадочном режиме полета.

Ключевые слова: сложные метеоусловия, сдвиг ветра, безопасность, исследования, микропорывы, турбулентность.

Введение

Несмотря на развитие и внедрение современных средств самолетовождения, оборудования самолетов и аэродромов специальными посадочными средствами для обеспечения безопасности полетов (БП), одной из основных причин большого числа авиационных происшествий (АП) остаются метеорологические условия. Опасные метеорологические явления нередко приводят к авиационным катастрофам [1]. Для обеспечения безопасности полетов воздушных судов (ВС) по метеорологическим условиям налагается ряд ограничений, изложенных в соответствующих инструкциях по полету, основная цель которых исключение полетов в зонах опасных метеорологических условий. Но практика показывает, что несмотря на это, всегда есть вероятность попадания воздушного судна в такие зоны из-за недостаточной информации об ожидаемых опасных явлениях погоды, недооценка диспетчерским и летным составом метеорологической обстановки в районе полетов [2].

Анализ зависимости авиационных происшествий от метеоусловий показывает, что большинство катастроф и тяжелых происшествий происходит именно на малых высотах, на этапах взлета, захода на посадку и приземления ВС. Главная опасность – это резкий сдвиг ветра (СВ). По данным ИКАО 78 % всех летных происшествий (ЛП), связанных с метеорологическими условиями на малых высотах, происходят по причине сдвига ветра [3]. Несмотря на достигнутые успехи к настоящему времени, проблема сдвига ветра не может считаться решенной.

Цель данной статьи оценить изменение динамических характеристик тяжелого самолета на посадочном режиме в условиях сдвига ветра при различных сочетаниях управляющих воздействий.

1. Анализ условий возникновения сдвига ветра

Понятие "сдвига ветра" включает все физические явления, которые в метеорологии приводят к изменению вектора скорости ветра в пространстве по направлению, модулю или как по направлению, так и по модулю. То есть это явление, при котором происходит резкое изменение скорости ветра в пределах весьма ограниченного пространства и за короткий период времени [4].

Самыми значительными и опасными сдвигами ветра, представляющими наибольшую угрозу для безопасности воздушных судов, являются микропорывы, встречающиеся на взлетно-посадочных режимах. Микропорыв представляет собой сильный нисходящий поток воздуха, который достигая земной поверхности, в непосредственной близости от земли, растекается по земной поверхности с образованием завихрений. Сопротивление, создаваемое землей, превращает вертикальные ветры в горизонтальные. И хотя размеры микропорывов не превышают 1 - 4 км в диаметре, интенсивность их столь высока, что горизонтальные радиальные ветры могут достигать 150 - 170 км/ч и более. Вдоль всей передней кромки сдвига ветра характеризуется понижающимися температурами, возрастающим давлением воздуха и весьма порывистыми ветрами [5]. Микропорывы - явление кратковременное. Срок их жизни не более 15 - 20 мин. Исследования показали, что все типы погоды, при которых возможен сдвиг ветра с катастрофическими микропорывами, можно разделить на шесть типов:

- температура, превышающая 25-26 °С;
- температура точки выпадения росы до - 22-23 °С;
- грозы, протекающие на больших высотах;
- быстро меняющиеся скорость и сила ветра;
- пыльные бури.

При этом выявлено, что 75% случаев сдвига ветра связано с ливневыми осадками, сопровождающимися или не сопровождающимися грозой. Физический смысл воздействия сдвига ветра на воздушные суда заключается в следующем [6]. Как известно, при прямолинейном движении воздушного судна, его вес G , или его составляющая при наклонном полете, уравновешивается подъемной силой Y_a .

$$G = Y_a \quad (1)$$

Представляя Y_a по формуле аэродинамического подобия имеем:

$$Y_a = C_{ya} q S, \quad (2)$$

где C_{ya} - коэффициент подъемной силы,

q - скоростной напор,

S - площадь крыла.

Таким образом, при прочих равных условиях, уравнению (2) соответствует определенное значение воздушной скорости \vec{V} , которая в свою очередь представляет векторную разность скорости относительно земли \vec{V}_K и скорости ветра \vec{W} :

$$\vec{V} = \vec{V}_K - \vec{W} \quad (3)$$

Воздушное судно попадая во время взлета или посадки в течение короткого времени в микропорыв сталкивается с изменением ветра. Сначала оно входит в зону встречного ветра, за которой оказывается сильный нисходящий поток, а затем зона с попутным ветром.

На первом этапе при попадании во встречный ветер из-за увеличения воздушной скорости подъемная сила Y_a возрастает и воздушное судно взмывает вверх ($Y_a > G$). На втором этапе из-за сильного нисходящего потока имеет место отрицательное приращение угла атаки ($\Delta\alpha$), т.е. исходный угол атаки резко уменьшается, подъемная

сила Y_a падает и в момент, когда она станет меньше силы веса ($Y_a < G$) воздушное судно начнет проваливаться вниз. На третьем этапе, когда встречный ветер меняется на попутный, Y_a еще в большей степени уменьшается и воздушное судно более резко искривляет траекторию по направлению к земле. Потеря воздушной скорости при этом может достигать 80-100 км/ч. В такой ситуации у пилота нет никакой возможности для маневра. Время для принятия соответствующих мер крайне ограничено, резерв тяги двигателей минимален. Поэтому, если не приняты соответствующие меры, то результаты прогнозируемы с большой вероятностью. Неблагоприятное событие неизбежно.

На настоящее время определены три устойчивых направления мер по предотвращению неблагоприятных событий по причине сдвига ветра [7]. К ним относятся: разработка методов и средств наземного обнаружения зон со сдвигом ветра в районе аэропорта; разработка методов и бортовых средств обнаружения таких зон; разработка методов пилотирования и обучения экипажей при попадании воздушное судно в сдвиг ветра.

1. Исследование возможности парирования сдвига ветра с помощью управляющих воздействий

Для решения этой задачи было проведено аналитическое исследование математической модели, описывающей продольное движение транспортного самолета типа Ил 86 на посадочных режимах в условиях сдвига ветра [2]. Рассматривалось автоматическое, с помощью автопилота, и ручное управление. Модель сдвига ветра варьировалась. Система уравнений движения самолета взята для случая продольного движения воздушного судна [8].

2. Оценка изменения динамических характеристик самолета на посадочном режиме в условиях сдвига ветра при различных сочетаниях управляющих воздействий.

С помощью компьютера были проведены расчеты динамических характеристик самолета на посадочном режиме в условиях сдвига ветра в следующих сочетаниях управляющих воздействий:

- ручное управление;
- при включенном автопилоте по продольному каналу;
- при работе автопилота по продольному каналу и по тяге.

Расчётная модель сдвига ветра W представлена на рис.1 Как видно из графика скорость ветра в промежутке времени с 18 до 34 секунды (16 секунд) изменилась на 16 м/с.

Изменение воздушной V_0 скорости при попадании самолета в продольный сдвиг ветра для всех трех случаев, представлены на рис.2

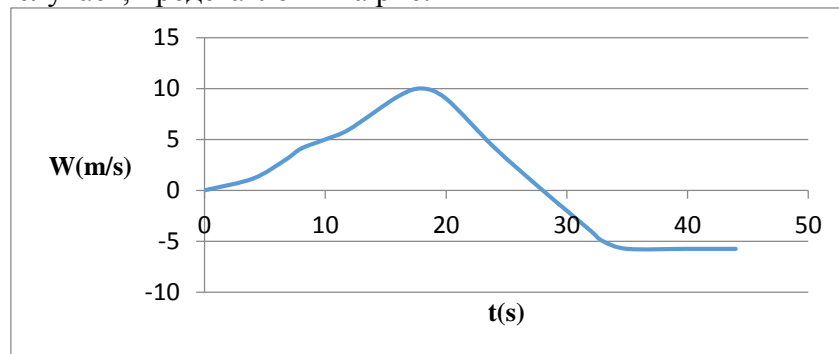


Рис. 1. Расчётная модель сдвига ветра W (m/s) в продольной плоскости (продольный сдвиг ветра) [2].

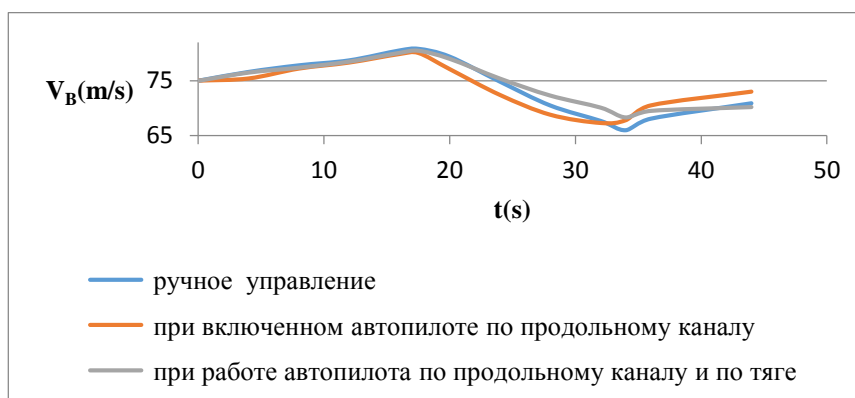


Рис. 2. Изменение воздушной V_B скорости [2]

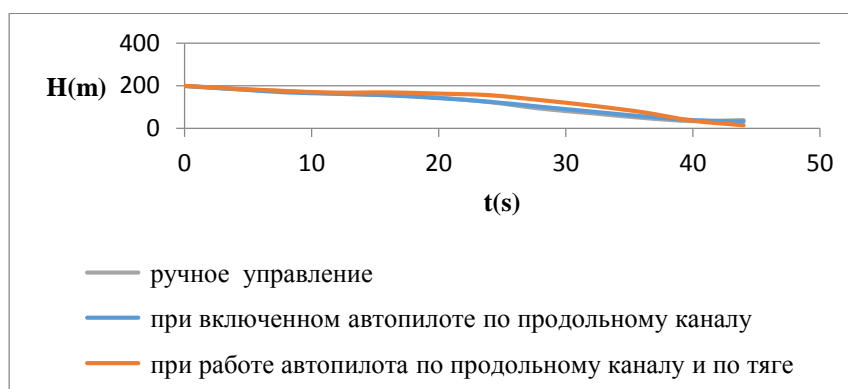


Рис. 3. Изменение высоты полета для трех вариантов управления самолетом [2]

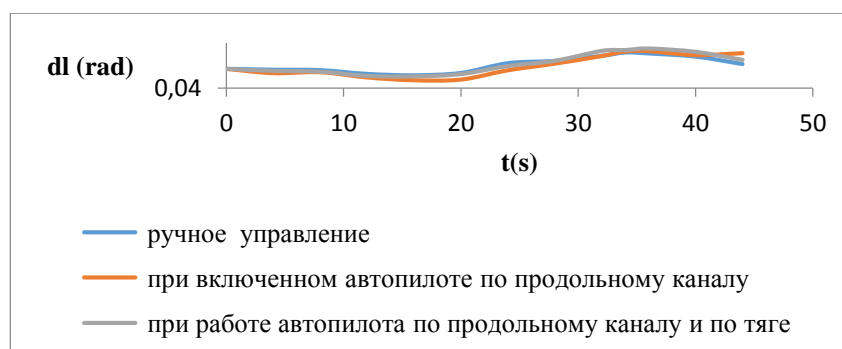


Рис. 4. Изменение углов атаки [2]

3. Анализ результатов расчета

На графиках видны значительные колебания в величинах V_B и углов атаки, рис.2 и 4. Характер их изменения полностью определяется изменением скорости ветра. При включенном автопилоте без канала тяги, вырабатываемое им управляющее воздействие, приводит в первый момент к увеличению путевой скорости, а колебания изменения углов атаки еще больше, что при достаточно малой воздушной скорости приводит к проседанию самолета, рис.3, что чревато возможными осложнениями с точки зрения безопасной посадки. Подключение канала тяги для стабилизации скорости существенно улучшает протекание динамических характеристик. Оценивая изменение этих характеристик после 20 сек. можно считать, что при попадании самолета в ступенчатый сдвиг ветра будет резкое изменение воздушной скорости, V_B . В дальнейшем она медленно возвращается к исходному значению, а путевая растет таким образом, что разность между ними, остается постоянной и равной примерно величине

сдвига ветра. Углы атаки и воздушный также резко изменившиеся в первый момент воздействия сдвига ветра, в дальнейшем меняются почти синхронно и уже через 8 - 10 сек., достигают своего первоначального значения

Выводы

1. Исследование динамических характеристик самолета при попадании его в сдвиг ветра и различном сочетании управляющих воздействий: ручное, с автопилотом, включенном только по каналу тангажа и совместно по каналу тангажа и тяги позволяет выработать технологию и соответствующие рекомендации пилотам по управлению самолетом в этих опасных условиях.
2. Проведенные расчеты показали, что эффективное парирование последствий от воздействия порыва на самолет возможно только при условии изменения тяги для стабилизации скорости.
3. При управлении самолетом при попадании его в сдвиг ветра с помощью автопилота только по каналу тангажа без канала тяги не остается шансов для выдерживания заданной глиссады, что чревато попаданием его на предпосадочном режиме в авиационное происшествие.

Список используемых информационных источников

1. John D. Anderson, 2010, Fundamentals of Aerodynamics, 5th edition, Mc Graw-Hill Education New York, USA, 1106 p.
2. Бехтир Б.П., 1991, Практическая аэродинамика самолета ИЛ-86, Центр ГА СЭВ-ИПК Ульяновск, стр.140.
3. Обрубов А.Г., Грязин В.Е. (1983) Динамика полета в условиях сдвига ветра, Трубы ЦАГИ вып. 2163, стр.20-24.
4. Берард А.Дж. (1983) Причины, порождающие сдвиги ветра в атмосфере, и методы их обнаружения, Аэрокосмическая техника, Т.1, №3, стр.13-20.
5. Lopez. R.L., Wilson I.R., 1989., A moves out of solving windshear problem, Interavia, 44. №2, pp 260-263.
6. Luers I., Haines P., 1981., The effect of heavy rain on wind shear attributed accidents, ALAA Paper №390, pp 35-36.
7. Краснов Н.Ф. 1981., Основы аэродинамического расчёта: аэродинамика тел вращения, несущих и управляющих поверхностей, Высшая школа, стр.496.
8. Зубков Б.В., Сакач Р.В., Костиков В.А., 2007., Безопасность полетов. Часть 2, МГТУ ГА, Москва, стр.76.

МАТЕМАТИКА И ОПЫТ ДИСТАНЦИОННОГО ПРЕПОДАВАНИЯ

Нереева С. Н.

Rīgas Aeronavigācijas institūts

Abstract

Some problems of the education have arisen by the Covid-19 quarantine. The article is devoted to the experience and problems of the teaching of the mathematics in internet. The pros and cons of distance education are considered and the prospects for the development of distance education in future are discussed.

«Чтобы дойти до цели, надо прежде всего идти»

О. Бальзак

«Учитель остается учителем до тех пор, пока учится»

К. Д. Ушинский

Аннотация

Больше года мы работаем в онлайн. О дистанционном образовании и работе в интернете много говорилось. Много лет назад появились домашняя страница института, расписание в интернете, MOODLE. Регулярно поднимался вопрос о необходимости заполнения MOODLE различными учебными материалами, но, как всегда, жизнь внесла свои коррективы. Covid-19 многократно ускорил все процессы, гром грянул – остро и неожиданно встал вопрос о преподавании онлайн. Больше года мы находимся в этой ситуации и безусловно накопили некоторый опыт. По прошествии времени есть возможность обсудить плюсы и минусы такого преподавания и рассмотреть перспективы его развития в будущем.

Предметы, с которыми я работала в эти месяцы:

1. Высшая математика – студенты первого курса очного отделения;
2. Теория вероятностей и математическая статистика студенты второго и третьего курса очного и заочного отделения;
3. Экономическая статистика - студенты второго и третьего курса очного и заочного отделения;
4. Эконометрика – студенты первого курса магистратуры заочного отделения;
5. Математическое моделирование – студенты первого курса магистратуры заочного отделения;
6. Руководство четырьмя магистерскими и двумя бакалаврскими работами.

Опыт работы в интернете до 2020 года:

1. Работа по руководству бакалаврскими и магистерскими работами.
2. Консультации школьникам. Знакомство со школьными e-классами по математике.
3. Подготовка к госэкзаменам за 9 и 12 классы.
4. Консультации для поступления в экономическую магистратуру в Англии.
5. Работа с английскими тестами и тренировочными материалами.

В целом мои предметы достаточно удобны для их преподавания в интернете, т.к. не содержат работ, требующих физического присутствия (лабораторные работы по физике, электротехнике или химии) но и тут возникает ряд проблем. К сожалению, до карантина у меня не было опыта работы с голубой кнопкой MOODLE и было жаль терять время занятий на ее освоение. Я знаю, как работать в ZOOM и SKYPE. Мною был выбран SKYPE, как бесплатный ресурс и так как к моменту начала занятий был

накоплен десятилетний опыт его использования, в том числе для работы с дипломами и индивидуальных занятий по математике.

Преимущества SKYPE:

1. возможность демонстрации экрана, т.е. использование в работе собственных файлов, программ компьютера и источников из интернета;
2. возможность записи беседы, чем постоянно пользовались студенты;
3. возможность параллельно со студентами решить задачу на листке, сфотографировать планшеткой и тут же вывести на экран;
4. возможность использования курсора для фиксации внимания студентов на конкретных выкладках;
5. Личное общение со студентами;
6. У меня образованы постоянные групповые чаты на скайпе, соответствующие учебным группам;
7. Материал, сброшенный в чат одним из участников доступен всем остальным студентам чата;
8. У каждого студента есть кроме группового индивидуальный чат.
9. Все чаты и сейчас сохраняются в моем компьютере, т.е. у студентов есть постоянная возможность связи со мной, кроме того, они знают номер моего телефона, 2 адреса e почты и WhatsApp. Перечисляю разные виды связи, т.к. все они использовались на уроках и зачетах. Например, если нарушалась связь на SKYPE ноутбука мне перезванивали на SKYPE планшетки или на телефон.

Минус SKYPE

1. В некоторых странах, например, в Узбекистане эта программа запрещена.
2. У некоторых студентов (заочников) возникали проблемы с программой.
3. В ZOOM удобнее следить за лицами присутствующих, но там есть свои проблемы.

С первого занятия стало ясно, что говорящая в течение 3 часов голова, это совершенно невозможный вариант. Тем более, что еще великий Карл Фридрих Гаусс отмечал, что «математика — наука для глаз, а не для ушей». Поэтому заранее составлялся текст занятия, который выводился на экран и в процессе занятия давались подробные пояснения. Так как занятия шли на латышском языке, а большинство учащихся были русскоговорящие, текст подбирался на двух языках. Все ссылки оставались в постоянном доступе для учащихся на скайпе в течение семестра.

Анализ литературных источников показал, что массовое применение дистанционного образования зачастую привело к неутешительным выводам. Один из которых: Учителя школы учат родителей. Иллюзия, что школьники учатся. «У Машки пьем кофе на уроке географии». В России родители школьников, увидев и услышав, как дистанционно учат их детей поняли, что те после окончания школы не смогут найти серьезную работу и кинулись на рынок репетиторов. В результате в мае пятикратно возрос спрос на репетиторов математики, английского языка и истории [1].

Для учебы в интернете нужны достаточно мощные компьютеры с хорошими экранами, причем одновременно для родителей, которые работают на удаленке и всех детей, которые учатся. Не каждой семье это по силам. Учеба — это тяжелый труд. Математика — это тяжелый труд для мозга, к сожалению, к нему необходимо принуждать. И это в большой степени задача учителя. Безусловно это легче делать при прямом общении, когда мы преподаватели видим глаза учеников и можем отслеживать их вовлеченность в процесс обучения. Вовремя разрядить обстановку шуткой, либо переключить работу студентов с теории на практику. Все это не сложно осуществить, работая в SKYPE с одним или двумя студентами и очень трудно вести такой контроль

за группой в 15-20 студентов. Еще хуже, когда начинает барахлить интернет, и программа отключается. В это время вырубали планшета и мобильный телефон, которые постоянно находились рядом.

Сокращается социальное взаимодействие студентов. Доказано, что дефицит в общении в молодом возрасте приводит к умственному отставанию детей, а в пожилом возрасте приводит к преждевременной смерти.

Известен такой эксперимент. Студентам некоторых английских университетов было предложено бесплатно получать образование. Опыт дистанционного образования показал следующее: только 10% регулярно посещало занятия и только 1% реально учились. В целом бесплатные курсы заканчивает 3,1% студентов. [2].

Сошлюсь на наших студентов. Во время экзаменов и зачетов я опрашивала всех студентов на эту тему. В большинстве случаев их оценка, что вполне ожидаемо, была негативной, однако, к моему удивлению, были и положительные отзывы (3 человека из 100 опрошенных). Положительно оценили удаленную учебу исключительно сильные ученики. Наверное, это не удивительно, т.к. именно эти студенты максимально мотивированы на изучение предмета, а не на поиск трудностей, которые при этом возникают. Но, как бы то ни было, В США и Японии доля дистанционного образования составляет 20-30 % и безусловно понятно, что и у нас эта тенденция растет и развивается.

Сильные стороны интернетного и дистанционного обучения

1. Экономия времени на дорогу;
2. Материальная экономия института (вода, электричество, работа уборщиц, оборудования и т.д.);
3. Часто большее количество студентов на занятиях, т.к. они могут заниматься, находясь в разных местах;
4. Меньшие затраты для студентов на дорогу, проживание и т.д.;
5. Отсутствие дискриминации по полу, возрасту, национальности, внешнему виду, одежде и т.д.;
6. Нет проблем, связанных с иммиграцией.

Возможности интернетного и дистанционного обучения

1. Возможность получать образование без отрыва от трудовой деятельности;
2. Устраняются возрастные ограничения;
3. Более широкий охват студентов;
4. Большая доступность для малообеспеченных социальных слоев;
5. Доступность студентам из сельских районов Латвии;
6. Доступность студентам, уехавшим на работы в другие страны;
7. Доступность студентам других стран;
8. Доступность для матерей с малолетними детьми;
9. Доступность для инвалидов;
10. Сокращение затрат на переезды и проживание;
11. Возможность для студента управлять скоростью и временем своего обучения.

Слабые стороны

1. Качество интернета, которое зависит от места проживания и не всегда зависит от нас;
2. Необходимость большого количества качественных гаджетов (у меня в работе их было 3 одновременно), но у меня, к сожалению, нет данных о том, чем пользовались на уроке студенты.

3. Необходимость для преподавателей в различных платных компьютерных программах и квалифицированной консультации, и помощи IT специалистов.
4. Большое количество отвлекающих моментов (дети, животные, домашние проблемы).
5. Не каждый студент умеет себя мотивировать и управлять своим временем.
6. Квартирный вопрос.
7. Преподаватель находится под постоянным контролем родителей студента (повышенная ответственность преподавателя). Постоянный открытый урок.
8. Невозможность полностью контролировать внимание студента.
9. Время преподавателя.
10. Адекватная оплата времени преподавателя.
11. Ограниченное социальное взаимодействие.
12. Проблемы эффективности оценивания знаний студента (возможность использования интернета и записей на экзаменах и зачетах, подсказок успешных студентов и помощи репетиторов по ту сторону компьютера).
13. Время загрузки контента, перезагрузки компьютера и т.д.
14. И, наконец, вполне обоснованный страх преподавателя, что хорошо подготовленные им материалы в недалеком будущем заменят его присутствие на уроках и оставят без работы.

Проблемы студентов

1. Время студента;
2. Недостаточная обратная связь вовремя лекции;
3. настоятельная необходимость индивидуальных занятий;
4. Корректировка лекции на уровень студентов;
5. Опрос показал, что большинство студентов против.
6. Покупка дорогих гаджетов и скоростного интернета, съем квартиры со скоростным интернетом;
7. у студента нет возможности для консультации обратиться лично к преподавателю;
8. нет возможности учиться «вживую» строить отношения в коллективе (с преподавателями, одногруппниками, администрацией вуза), выступать перед аудиторией;
9. не любую профессию можно освоить дистанционно (врач, ветеринар);
10. у студента хуже возможность сравнивать промежуточные результаты своего обучения и других студентов при работе у доски, выступлениях на конференциях и т.д.
11. для преподавателя при аудиторном ведении занятия важно чувствовать, насколько студенты понимают материал (по их взглядам, по задаваемым вопросам, по ответам на свои вопросы) и оперативно скорректировать учебный процесс: ещё раз повторить сложные моменты, дать дополнительные разъяснения по некоторым вопросам, изменить темп изложения. При дистанционном обучении такая связь теряется;
12. у студента есть соблазн и достаточно возможностей для «несамостоятельного» обучения, а у преподавателя нет возможности для качественного контроля подобных издержек дистанционных технологий;
13. для вуза введение дистанционного обучения связано с большими материальными затратами: техническое оснащение, программно-технические средства, подготовка специальных кадров и т.д.

Но в то же время следует отметить моменты, которые в некоторой степени компенсируют часть перечисленных недостатков: невозможно получить очную консультацию – можно проконсультироваться с помощью сообщений или скайпа; нет «живых» отношений – но для части студентов это обеспечивает более комфортную психологическую обстановку для обучения и т.д.

Из опыта работы следует, что занятия в интернете требуют **очень большого времени** от преподавателя по подготовке занятия. Особенно сложным, трудоемким и длительным по времени является проверка знаний. По предметам, по которым предусмотрен зачет в основном мною требовалась подготовка презентации и ее защита перед студентами группы. Это дало возможность студентам потренировать и составление презентации, и умение донести ее до слушателей. В этом году я удовлетворена результатом. Чаще всего наблюдался осознанный выбор материала, связанный с будущей работой. С экзаменом по математике дело обстояло сложнее. Были подготовлены индивидуальные задания, после решения которых каждый студент его индивидуально защищал, одновременно отвечая на возникшие вопросы. Естественно время экзамена многократно превысило отведенное, но иначе я не могла выставить адекватные оценки.

Как мне представляется идеальный процесс дистанционного преподавания математики в интернете. **На мой взгляд необходимы:**

1. Качественные лекции, либо учебные фильмы по всем темам курса прочитанные и профессионально заснятые для MOODLE или YouTube. Доступ к лекциям свободен в любое время и выложен в MOODLE.

2. Наличие в институте специальных современных программ для составления тестов и помощь ИТ сотрудников в составлении таких тестов. Составляется проверочный тест показывающий, что студент прослушал лекцию. До занятия с преподавателем студент самостоятельно проходит тест, выполняет индивидуальное задание и только после этого допускается к работе с преподавателем.

3. В этом случае время занятий до 50% можно будет уделить индивидуальным занятиям со студентами, либо занятиям с группами в 2-3 человека.

4. Возможность для преподавателя и студентов более свободно распоряжаться временем, согласовывая между собой время консультаций.

5. Высокая трудоемкость разработки курсов дистанционного обучения. Создание 1 часа действительно интерактивного мультимедийного взаимодействия занимает более 1000 часов профессионалов: т. к. уроки и консультации представлены не только в печатном (электронном) виде, но и в аудиовизуальном - с демонстрацией слайдов, видеоклипов. Многостраничные главы традиционных учебников в электронном виде абсолютно неприемлемы при дистанционном обучении.

Далеко не все эти вопросы может решить преподаватель.

Теперь немного о преподавании математики. Математика — сложный предмет. Чтобы овладеть им, надо иметь хорошо развитую силу воли, настойчивость, целеустремленность, способности, надо уважать труд и уметь трудиться, обладать хорошо развитым познавательным интересом. К сожалению, уровень студентов по этому предмету очень низок и продолжает снижаться. В прошлом году средний уровень сдачи экзамена по математике в нашей стране составил 35%, а 226 учеников вовсе не смогли сдать предмет. Данные этого года еще не обработаны. В РТУ каждый год остаются вакантными бесплатные места на механическом и других технических факультетах, которые нечем занять, так как уровень абитуриентов не соответствует. Там профессора уже организовали помощь школам в этом вопросе. Проблема поддержки квалифицированных школьных учителей физики и математики

неоднократно обсуждалась на заседаниях Латвийской Академии наук. Я пытаюсь показать студентам главные уроки математики. Так эта дисциплина всю свою многотысячелетнюю историю занималась решением самых насущных и сложных задач, то методы в ней разработанные полностью применимы и переносятся на решение любых сложных жизненных проблем:

1. задача не обязана решиться легко и сразу;
2. Мало того, если проблема слишком легко и быстро решилась, ищи подвох;
3. Решение всегда весит на кончике пера. Самая сложная задача решается, не тогда, когда мы на нее пристально смотрим, а лишь после того, как начинаем ее расписывать и раскладывать на составные части.
4. Если не получилось начни с начала, все начни с нуля;
5. Все люди делают ошибки.
6. Ошибиться не страшно и не стыдно, если ошибку нашел ты сам.
7. Ошибки нас учат.
8. Вовремя найденная ошибка делает тебя умнее, мудрее и разрабатывает твою интуицию.
9. Ошибка, найденная другими, убивает веру в свои силы, а иногда приводит к непоправимым последствиям.
10. Чаще всего люди совершают типичные ошибки в одних и тех же местах, не зависимо от их возраста, опыта и научных званий.
11. Типичные ошибки требуют обязательной проверки это:
 - а) ошибка при переписывании задания,
 - б) ошибка при чтении условия задачи,
 - в) скобки, знаки, размерности, обычные арифметические действия,
 - г) ответ ни на тот вопрос, либо ни до конца на тот вопрос, который спрашивается по условию задачи.
12. Решаешь серьёзную проблему параллельно ищи методы ее проверки.
13. Любую задачу и проблему проверь здравым смыслом.

Выводы: Интернетное и дистанционное обучения уверенно вошли в нашу жизнь и будут только совершенствоваться и развиваться. Эти методы преподавания являются очень эффективным для хорошо мотивированных само дисциплинированных студентов, которые умеют продуктивно управлять своим временем, но сложны для несамостоятельных людей-иждивенцев, которые учатся не для себя, а для родителей. Составление качественного контента для интернет-обучения является весьма затратным и трудоемким, в этом преподавателям должна быть оказана существенная материальная и образовательная помощь, такой труд необходимо адекватно оплачивать.

Список используемых информационных источников

1. Коронавирус «обнажил» все проблемы дистанционного обучения
https://fulledu.ru/articles/1621_koronavirus-obnazhil-vse-problemy-distancionnogo.html
2. Кузнецова О.В. Дистанционное обучение: за и против// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8-2. – С. 362-364; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7101>
3. Л. И. Бортник, Е.В. Кайгородов, Е.А. Раенко О некоторых проблемах преподавания математики в высшей школе. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-problemah-prepodavaniya-matematiki-v-vysshey-shkole/viewer>

МЕРОПРИЯТИЯ НАЛОГОВОЙ ПОЛИТИКИ В УСЛОВИЯХ COVID-19 В ЛАТВИИ

Татьяна Андреева

Рижский Институт Аэронавигации

andrejevats@inbox.lv

Abstract

The article analyzes tax policy measures in the context of COVID-19 in Latvia. To overcome the consequences of the pandemic, many countries use various instruments to support the economy, including tax measures. This is since a significant number of companies are experiencing a decline in demand for their goods and services, resulting in a sharp decline in profits. In difficult economic times, flexible tax liability management becomes one of the most important tasks of any company.

Резюме

В статье анализируются мероприятия налоговой политики в условиях COVID–19 в Латвии. Для преодоления последствий пандемии многие страны используют различные инструменты поддержки экономики, в том числе налоговые меры. Это объясняется тем, что значительная часть предприятий переживает падение спроса на свои товары и услуги и, как следствие, резко снижается прибыль. Во время сложных экономических проблем гибкое управление налоговыми обязательствами становится одной из важнейших задач любой компании.

Ключевые слова: пандемия, кризис, налогоплательщики, налогообложение, государственная политика, налоговые меры поддержки.

1. Введение

Во многих странах мира, в которых в результате пандемии COVID–19 резко снизилась экономическая активность, введены чрезвычайные мероприятия налоговой политики в целях защиты предприятий и предпринимательской среды.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) 20 марта 2020 года выступила с адресованными правительствам стран рекомендациями рассмотреть ряд мероприятий налоговой политики и налогового администрирования [1].

В рекомендациях предусматривается повышение доступности пособия по безработице, болезни и других пособий, освобождение работодателя от налогов на зарплату и взносов социального страхования, чтобы уменьшить затраты на рабочую силу в сильно пострадавших отраслях, софинансирование правительствами работодателей, чтобы удержать их от увольнения работников. Предлагается вознаградить людей, работающих сверхурочно или в опасных условиях, рекомендовано освободить оплату сверхурочных от подоходного налога с населения и взносов социального страхования. В области косвенных налогов странам-участницам рекомендуется рассмотреть возможность отложить платежи налога на добавленную стоимость (НДС), ускорить возврат переплаченного НДС, упростить порядок коррекции НДС за сомнительные задолженности, отменить платежи таможенного или акцизного налога за определенные импортные товары (например, продукты питания, медикаменты, средства производства), максимально устраняя возможность злоупотребления данными льготами. Также разработан ряд рекомендаций по уменьшению бремени подоходного налога с предприятий и налога на недвижимость.

Правительство Латвии предпринимает меры, направленные на устранение последствий, вызванных COVID–19, не только в социальной и деловой сферах, но и в области налогообложения.

Цель данного исследования - проанализировать мероприятия налоговой политики в условиях COVID-19 в Латвии.

2. Специальный временный закон ЛР «О мерах по предотвращению и преодолению угрозы государств и ее последствий в связи с распространением COVID–19».

Чтобы оперативно реагировать на экономические последствия кризиса COVID-19 и оказывать поддержку отраслям, предприятиям и их работникам, в Латвии 20 марта 2020 года был принят специальный временный закон «О мерах по предотвращению и преодолению угрозы государств и ее последствий в связи с распространением COVID–19» [2]. Закон вступил в силу 22 марта 2020 года. Это единый закон о поддержке бизнеса и работников в период снижения экономической активности. Закон делегировал Кабинету министров определение секторов (отраслей), которые понесли или понесут наибольшие потери в связи с чрезвычайным положением.

Цель закона — установить конкретные меры по предотвращению негативного влияния угроз пандемии COVID-19 на экономику страны и ввести механизмы поддержки бизнеса и работников. Законом была предусмотрена величина затрат, непосредственно связанных с ограничением распространения COVID-19.

Закон предусматривает ряд мер налоговой поддержки для предприятий, их работников и самозанятых лиц, которые предоставляет Служба государственных доходов.

Закон предусматривает определенные поддерживающие мероприятия для отраслей, непосредственно затронутых кризисом:

- Возможность запросить продление срока уплаты налогов, если просрочка вызвана распространением COVID-19. Чтобы воспользоваться этим инструментом, налогоплательщик обязан в течение двух месяцев после наступления срока платежа или вступления в силу данного закона подать в Службу государственных доходов (СГД) обоснованное заявление. СГД вправе составить график уплаты просроченных налогов или отложить их на срок до трех лет, считая со дня подачи заявления. На просроченные налоговые платежи не будут начисляться пени, и указанные лица не будут включены в базу данных должников СГД.
- Государственные и муниципальные учреждения, а также производные публичные лица и контролируемые публичным лицом общества капитала, свободные порты и специальные экономические зоны на срок действия закона освободят данных коммерсантов от платы за аренду имущества публичного лица и имущества контролируемого публичным лицом общества капитала либо снизят ее, а также не будут применять проценты за просрочку и неустойку в случае задержки платежа (кроме платежей за потребленные услуги – электроэнергию, теплоэнергию, водоснабжение и другие услуги по содержанию недвижимости).
- Будут компенсированы расходы, связанные с простоем наемных работников: работнику будет выплачиваться компенсация вознаграждения в размере до 75% от среднего вознаграждения за предыдущие шесть месяцев, но не больше 700 евро за календарный месяц. Пособие по простоем не будет облагаться

подоходным налогом с населения (ПНН) и обязательными взносами государственного социального страхования (ОВГСС). Выплата пособия по простую прекратится, если во время его получения работодатель примет на работу новых работников.

3. Государственные меры поддержки

Затронутые кризисом отрасли определяет Кабинет министров, который вправе предусмотреть для них и не только налоговые, но и другие поддерживающие мероприятия.

Независимо от отрасли вводятся следующие поддерживающие мероприятия.

Увеличение срока продления и разделения налоговых платежей

Налогоплательщики в секторах, затронутых кризисом, имеют право подать в Службу государственных доходов (СГД) заявку на отсрочку уплаты налога в соответствии с требованиями статьи 24 закона «О налогах и пошлинах», если задержка налоговых платежей является результатом чрезвычайной ситуации. Налогоплательщик должен представить обоснованное представление не позднее, чем через два месяца после даты платежа.

Для налогоплательщиков, которые ведут хозяйственную деятельность в отраслях, включенных в отдельный список министерства финансов, налоговая администрация имеет право разделить или отсрочить выплату задолженности вместо стандартного одного года на срок до трех лет с даты подачи заявления.

Служба государственных доходов разделяет понятия «продление (отсрочка) налогового платежа» и «разделение налогового платежа»:

- СГД имеет право предоставить отсрочку на уплату налогового долга, т. е. отложить на время до одного года, считая со дня подачи заявления. Налоговая администрация в письменном виде договаривается с налогоплательщиком о графике уплаты задолженности. Налогоплательщики, включенные в список министерства финансов, получают право на отсрочку налогового платежа до трех лет;
- СГД имеет право разделить по срокам на время до пяти лет уплату рассчитанных в результате осуществленного налоговой администрацией контроля (проверки, ревизии) налоговых платежей, пени и штрафа, а также разделить по срокам на время до пяти лет рассчитанные в результате осуществленной налоговой администрацией проверки соответствия данных налоговый платеж и пеню.

Чтобы получить право на новое продление срока оплаты налога, налогоплательщик должен активно сотрудничать с налоговой администрацией, а также представить мотивированное заявление о новом продлении срока уплаты просроченных или неуплаченных налоговых платежей. В случае продления пени за несвоевременную выплату налоговой задолженности за весь период просрочки не будет начисляться.

Отсрочка уплаты налога на недвижимость

Самоуправлениям дано право установить другие сроки уплаты налога на недвижимую собственность, отличающиеся от установленных в законе «О налоге на недвижимую собственность», перенеся их на более поздний срок. Чтобы реализовать данное право, самоуправление может принять решение относительно всех плательщиков налога на недвижимость, либо определить конкретные категории плательщиков данного налога. О таком решении необходимо публично оповестить плательщиков налога на недвижимость.

Поддержка для физических лиц, осуществляющих хозяйственную деятельность

Плательщики подоходного налога с населения, осуществляющие хозяйственную деятельность, с доходов от хозяйственной деятельности могут не производить авансовые платежи подоходного налога с населения, установленные в законе «О подоходном налоге с населения» — за их просрочку не будет рассчитываться пеня.

Ускоренный возврат переплаты НДС

С 1 апреля 2020 года порядок возврата переплаченного налога на добавленную стоимость определяется новым законом. Это означает, что положения статей 109 и 110 Закона о налоге на добавленную стоимость, регулирующие порядок возврата НДС, не применяются

Служба государственных доходов с помощью мер налогового администрирования выплачивает сумму утвержденного возврата налога на добавленную стоимость всем налогоплательщикам в течение 30 дней после срока подачи налоговой декларации, не накапливая их до конца года таксации.

Перед возвратом утвержденной переплаченной суммы НДС необходимо погасить администрируемые СГД налоги, пошлины, другие установленные государством выплаты и связанные с ними платежи в порядке, предусмотренном в законе «О налогах и пошлинах». Также не меняется действующий порядок, согласно которому СГД вправе в результате налоговой ревизии (аудита) уточнить переплаченную сумму НДС.

Регулирование акцизного налога для производителей дезинфицирующих средств

Ситуация потребовала принятия срочных мер для стимулирования производства дезинфицирующих материалов на основе спирта. Для этого в дополнение к существующим льготам по акцизному налогу, алкоголь, используемый для изготовления дезинфицирующих средств на основе спирта, освобождается от акцизного сбора в соответствии с положениями нормативных актов об освобождении от акцизного налога на алкогольные напитки. Для покупки спирта для производства дезинфицирующих материалов и получения льготы требуется разрешение Службы государственных доходов.

Если же спирт импортируется из другой страны-участницы ЕС, то в данном случае держатель склада применяет к этой сделке 100% освобождение от уплаты акцизного налога.

Для производителей спирта для дезинфицирующих средств имеются и другие льготы.

Разрешена дистанционная торговля алкоголем и другими акцизными товарами

Для уменьшения контактирования людей разрешается продавать акцизные товары, используя дистанционный договор, при этом предусматривается запрет на продажу табачных изделий и жидкостей, используемых в электронных сигаретах.

Это не отменяет возрастных ограничений и ограничений по времени суток (8:00 — 22:00).

Продление срока представления годовых отчетов

Субъектам закона «О годовых отчетах и консолидированных годовых отчетах», а также товариществам, учреждениям и религиозным организациям срок подачи годового отчета и консолидированного годового отчета (если он есть) продлевается на три или четыре месяца соответственно.

Сохранение программы углубленного сотрудничества СГД с налогоплательщиками

Несмотря на трудности, программа углубленного сотрудничества СГД с налогоплательщиками продолжается.

Закон разрешает СГД в 2020–2023 годах не принимать отрицательного решения в отношении участников программы углубленного сотрудничества, если на них повлиял кризис COVID-19, а участник расширенной программы сотрудничества предоставляет доказательства объективных обстоятельств.

Свидетельство, предоставленное участником программы, обеспечит заверение в том, что неисполнение показателей напрямую связано с последствиями кризиса и не связано с другими негативными аспектами, связанными с деятельностью участников программы.

6 ноября 2020 года в Латвии снова был объявлен режим чрезвычайной ситуации и вступил в силу ряд ограничений, оказывающих существенное влияние на ведение хозяйственной деятельности налогоплательщиков.

Кабинет министров 10 ноября 2020 года принял правила, в которых перечислены критерии, позволяющие налогоплательщикам претендовать на меры государственной поддержки, а также описываются виды и размеры мер поддержки.

На поддержку могут претендовать работодатели и самозанятые лица, отвечающие следующим критериям [3]:

- они ведут хозяйственную деятельность в одной из отраслей, которую полностью или частично затронули ограничения;
- их оборот в поддерживаемый период сократился минимум на 20% по сравнению со средним оборотом в августе, сентябре и октябре 2020 года.

Один налогоплательщик может претендовать как на пособие по простоя, так и на зарплатную субсидию, однако работник не может одновременно получить оба вида поддержки [4].

Материальная помощь для компенсации вознаграждения простаивающего работника выплачивается работнику в размере 70% от декларированной среднемесячной брутто-зарплаты за период с 1 августа до 30 октября 2020 года, либо в те месяцы после 1 августа, когда работник фактически работал. Работнику налогоплательщика-микропредприятия данная помощь выплачивается в размере 50% от среднемесячной брутто-зарплаты за третий квартал текущего года.

Пособие по простоя составляет 330–1000 евро за календарный месяц. Оно не облагается обязательными взносами государственного социального страхования и подоходным налогом с населения и выплачивается в течение пяти рабочих дней после принятия решения СГД о назначении пособия.

Работнику также назначается доплата в размере 50 евро за каждого находящегося на иждивении ребенка младше 24 лет (зарегистрированного в СГД в качестве иждивенца). Работодатель вправе выплачивать работнику разницу между пособием по простоя и зарплатой, чтобы работник получил вознаграждение в стопроцентном объеме.

Выводы

В результате изложенного материала можно сформулировать следующие выводы:

- Пандемия коронавируса COVID-19 стала масштабным вызовом практически для всех государств мира. Это глобальный кризис затронул большинство отраслей экономики, с последствиями которого столкнулись организации по всему миру вне зависимости от размеров бизнеса.

- Для преодоления последствий пандемии многие страны используют различные инструменты поддержки экономики, в том числе налоговые. Это неудивительно, т. к. значительная часть организаций переживает падение спроса на свои услуги и, как следствие, резкое сокращение прибыли. На фоне экономических сложностей гибкое управление налоговыми обязательствами становится одной из наиболее важных задач для любой организации.
- В Латвии, как и во многих странах мира, в результате пандемии COVID–19 резко снизилась экономическая активность. Поэтому государственные органы Латвии разрабатывают и внедряют чрезвычайные мероприятия налоговой политики в целях защиты предприятий и предпринимательской среды.
- Латвийское правительство и учреждения здравоохранения, начиная с марта 2020 года и до настоящего времени, ведут всестороннюю борьбу с короновирусной инфекцией COVID–19, но впереди предстоит сделать еще многое.

Список используемых информационных источников

1. OECD reports and recommendations on the coronavirus pandemic [OECD Policy Responses to Coronavirus \(COVID-19\)](#)
2. Par valsts apdraudējuma un tā seku novēršanas un pārvarēšanas pasākumiem sakarā ar Covid-19 izplatību <https://likumi.lv/ta/id/313373-par-valsts-apdraudejuma-un-ta-seku-noversanas-un-parvaresanas-pasakumiem-sakara-ar-covid-19-izplatibu>
3. Noteikumi par atbalsta sniegšanu nodokļu maksātājiem to darbības turpināšanai Covid-19 krīzes apstākļos, Ministru kabineta noteikumi Nr. 675, Rīgā 2020. gada 10. novembrī <https://likumi.lv/ta/id/318757-noteikumi-par-atbalsta-sniegsanu-nodoklu-maksatajiem-to-darbibas-turpinasanai-covid-19-krizes-apstaklos>
4. Noteikumi par atbalstu par dīkstāvi nodokļu maksātājiem to darbības turpināšanai Covid-19 izraisītās krīzes apstākļos, Ministru kabineta noteikumi Nr. 709, Rīgā 2020. gada 24. Novembrī. <https://likumi.lv/ta/id/319073-noteikumi-par-atbalstu-par-dikstavi-nodoklu-maksatajiem-to-darbibas-turpinasanai-covid-19-izraisitas-krizes-apstaklos>

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Дмитрий Уланов

Рижский Институт Аэронавигации, Латвия

ulanov@ml.lv

Аннотация

Исследование посвящено анализу системы взаимодействия «человек – природная среда».

Целью анализа явилось уточнение методов взаимодействия и выявление недостатков в оценке ущерба природной среде.

Метод решения поставленной задачи - учёт институциональной составляющей в обеспечении безопасности природопользования. Использован комплексный подход в методологии экономической и социальной оценки среды с учётом всех видов внутренних и внешних экстерналий. Практической значимостью статьи может стать её использование при анализе институционального обеспечения в разработке проектов развития условий безопасности окружающей среды.

Ключевые слова: транспортная логистика, техногенный тип развития, институциональная модель.

Abstract

The study is devoted to the analysis of methods for assessing natural resources and environmental damage. The purpose of the analysis was to optimize the institutional environment for ensuring the safety of environmental management. An integrated approach was used in the methodology of economic and social assessment of the environment, taking into account all types of internal and external externalities. The practical significance of the article can be its use in the analysis of institutional support in the development of regional plans for the development of environmental safety conditions.

Key words: transport logistics, technogenic type of development, institutional model.

1. Введение

В практике взаимодействия человека с окружающей природной среды остаётся нерешенной проблема, которая вызвана противоречиями между стремлением минимизировать производственные расходы, снизить себестоимость продукции – с одной стороны и чрезмерным ростом нагрузки на окружающую среду – с другой [1, с.16].

Данная статья посвящена исследованию и устранению этого противоречия методом моделирования эколого-технологических процессов, которые составляют концепцию устойчивого мирового развития.

1.1. Методология оценки окружающей среды

Одной из важнейших задач современной экологии является установление адекватной цены чистой, незагрязнённой окружающей среды. Эта оценка сегодня явно занижена, что по логике вещей, приводит к неадекватному отражению стоимости экологического ущерба.

В данной статье проблема охраны окружающей среды рассматривается в контексте перспектив транспортной логистики с учётом институционального фактора в оценке природных ресурсов.

Научный подход позволяет рассмотреть основные экономические понятия, принципы и методы определения стоимости природных ресурсов, выявить их преимущества и недостатки. Он создаёт возможность определить **методологию** формирования **цены** природных ресурсов с учетом их естественных природных характеристик. При этом научный подход предусматривает оценку природных ресурсов как комбинированную, считает её синтезированным показателем, в равной степени отражающим общественную полезность и экономическую значимость природного ресурса.

1.2. Социальный подход к оценке и безопасности среды

Экономическая оценка рекреационного потенциала представляет собой показатель, учитывающий влияние экологического фактора в его социальной полезности, в оздоровлении и восстановлении Природы.

Наиболее приемлемым в экономической практике считается диалектическое объединение затратного и результативного принципов оценки природных ресурсов.

На основе классификации методов экономической оценки природных ресурсов, предложенных экспертами ООН, выделяют три группы методов экономической оценки природных ресурсов и объектов окружающей среды, такие как: методы рыночной оценки; методы нерыночной прямой и косвенной оценки (2).

В ряде источников (2 и 3) отмечается, что объективная и полная экономическая оценка природного ресурса не может быть получена при использовании только одного из рассмотренных принципов экономической оценки. Логичнее, в данном случае, могут считаться только результаты экономической оценки, проведенные с использованием комплекса принципов и методов.

2. Институциональная модель в оценке окружающей среды

2.1. Недостатки существующих моделей.

Институциональная среда включает совокупность основополагающих норм и форм упорядочения взаимодействий: типы организационных структур, формальные нормы, обычаи, традиции, ценности, устойчивые образцы поведения (4). Характер и состав институтов, образующих институциональную среду, отражает состояние макросреды человеческой деятельности: экономика, экология, демография, политическая, социальная культура и т.п.

Институциональные соглашения представляют собой договоренности между участниками взаимодействий, отражающие и конкретизирующие существующий экономический порядок (5).

2.2. Структурная и математическая модель фактора

Практика современного природопользования требует введения более жестких ограничительных мер в сфере охраны окружающей среды. Эти меры могут быть реализованы путём включения в структуру управления институционального фактора, который определит способы экономических законодательных отношений в системе «окружающая среда – природопользование».

Интегрирование институционального фактора позволит добиться положения, когда экологическая ситуация не препятствует, а способствует социально – экономическому развитию общества путём экологизации экономики.

В общем виде оценку окружающей природной среды с учётом институционального фактора во времени представим в виде модели:

$$F_t(L, K, P, I) \leq F_{t+1}(L, K, P, I) \quad (1)$$

где $F_t(L, K, P, I)$; $F_{t+1}(L, K, P, I)$ – функции устойчивого развития в течение времени;

L – трудовые ресурсы;

K – средства производства (созданный капитал);

P – природные ресурсы;

I – институциональный фактор;

$t \geq 0$ – период времени на перспективу.

Функция (1) является принципиальным дополнением классического вида такого взаимодействия. Здесь фактор P представляет природные ресурсы, но в значительной степени, свою роль играет институциональный фактор I .

3. Анализ общих и частных методов оценки природы

3.1. Классификация методов

В практике природопользования имеется ряд подходов для получения конкретной оценки природных ресурсов и природных услуг, которые базируются:

- a) на рыночной оценке;
- b) на ренте;
- c) на затратном подходе;
- d) на альтернативной стоимости;
- e) на общей экономической ценности (стоимости).

Указанные подходы не являются абсолютно точными, но они дают возможность, в первом приближении, определить экономическую ценность природы.

В литературе (4 и 5) проблема оценки ущерба от экологических нарушений разрабатывается на базе более общего понятия внешних эффектов, это последствия для благосостояния людей, которые не находят отражения в системе ценообразования природной среды. С этой точки зрения предлагается различать проекты, которые наносят экономический ущерб, и проекты, направленные на предотвращение ущерба. Существует ряд методов оценки экономического ущерба на окружающую среду, каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками (3).

3.2. Метод экспертной оценки. Метод используется при недостаточном нормативно-методическом обеспечении процедуры оценки ущерба. Для этого привлекается несколько опытных специалистов в данной области, которые оценивают масштаб влияния на окружающую среду (4). Преимущество метода в том, что он применяется тогда, когда трудно оценить масштаб по какой-либо из квалификации, а также в случае, если для конкретных видов загрязнений недостаточно данных для применения определенной методологии. Недостаток данного метода - его длительность по времени проведения, дороговизна, вероятность неверной оценки экологического ущерба (субъективность мнения).

3.3. Метод прямого счёта. Метод рассчитывается, исходя из величины ущерба, определяется непосредственно для конкретного объекта в денежных единицах. По мнению ряда исследователей, (4), метод является наиболее точными и объективным.

Следует отметить ограниченную сферу применения. Не всегда есть возможность посчитать экологический ущерб в денежном эквиваленте.

3.4. Рыночная оценка. Метод подходит для расчета стоимости поврежденного объекта по показателю его рыночной цены. Используется в тех случаях, когда есть аналогичные ситуации для сравнения (2). Недостаток метода состоит в том, что он применяется в случае наличия полной информации и большого количества сделок по продаже аналогичных объектов.

3.5. Метод энергетической оценки. Оценка стоимости биотических компонентов экосистем с учётом их энергетической значимости (2). Метод даёт возможность учесть любой фактор, который имеет то или иное воздействие на окружающую среду. Недостатки метода – в больших затратах, т.к. необходимо учесть каждый влияющий компонент, и каждый объект, на который оказано воздействие экстерналий.

4. Итоги анализа методов оценки. Сравнение вышеуказанных методов позволяет в определенной мере достаточно объективно оценить ущерб, наносимый производством окружающей среде. Выбор метода зависит от конкретной ситуации. Однако, на современном уровне развития науки необходимо разработать и официально утвердить универсальный метод комплексной оценки экологического ущерба, наносимого окружающей среде. В том числе, с учётом социального – институционального фактора, рассмотренного в данной статье.

Резюме

- В статье проведён систематический анализ существующих методов оценки природных ресурсов, в результате которого были выявлены недостатки в их структурном содержании.
- Существующие модели не определяют подходы к использованию институционального фактора в оценке социальных издержек.
- Автор представил в математическом виде модель, включающую фактор, связанный с социальными издержками.
- Предложенная автором модель представляет комплексный подход в методологии экономической и социальной оценки среды с учётом всех видов внутренних и внешних экстерналий.
- Практической значимостью статьи может стать её использование при анализе институционального обеспечения, а также в разработке планов развития условий безопасности окружающей среды.

Список использованных информационных источников

1. Askarov R.A., Lakman I.A. (2019) *Spatial modeling of mortality and air contamination in the republic of bashkortostan* // *Ecologijacheloveka* (Human ecology). №4.-с. 4-9. doi:10.33396/1728-0869-2019-4-4-9.
2. Chugunov A., Vinnitskii V., Nafikova G. (2020) Extraction of Valuable Components from Man-made Waters. *Ecology and Industry of Russia*. 24(12):4-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-12-4-10>
3. Kolk, A. (2016). The social responsibility of international business: From ethics and the environment to CSR and sustainable development. *Journal of World Business*, 51(1), 23–34. doi:10.1016/j.jwb.2015.08.010 [Crossref], [Web of Science ®],
4. Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development*, 23, 176–187. doi:10.1002/sd.1582 [Crossref], [Web of Science ®], [Google Scholar]
5. Павлова Е. И. (2000). *Экология транспорта*, Москва, Транспорт, 187 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ АВИАЦИОННОГО АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В РИА ДЛЯ ПИЛОТОВ И АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

Asnāte Venckava
Riga Aeronautical Institute
asnata@rai.lv

Abstract

The article is dedicated to the methodology of teaching Aviation English in Riga Aeronautical Institute. This program is elaborated for the specialists working or planning to work in the Civil Aviation industry, pilots and air traffic controllers in the first place. The article consists of the following parts:

- Introduction which deals with the European Union requirements regarding the language proficiency of the pilots and air traffic controllers
- Main part which deals with the methodological principles of the program
- Conclusions which state the efficiency of the applied teaching methodology

The article also includes one annex.

1. Введение. Требования к сертификации летного и авиадиспетчерского состава в ЕС.

Как авиакомпании, так и провайдеры аэронавигационного обслуживания, при отборе персонала обязательно учитывают требование, касающееся владения профессиональным английским языком (англоязычный термин “English language proficiency”). На территории Европейского Союза пилоты должны иметь в наличии результаты теста, подтверждающие уровень в соответствии со шкалой ИКАО (начиная от 4-го (рабочего) уровня и выше). Для выполнения функций авиадиспетчера необходимо успешно сдать тест ELPAC (English Language Proficiency for Aeronautical Communication), также начиная от 4-го уровня и выше.

Организация и прием вышеуказанных тестов может проводиться только специально сертифицированными организациями с правом выдачи соответствующего языкового свидетельства. Это могут быть организации в составе администраций гражданской авиации, а также самостоятельно функционирующие тестирующие организации. Так, в качестве примера такой организации для летного состава можно назвать Mayflower College, а для авиадиспетчеров тест ELPAC организует агентство EUROCONTROL.

Так как лингвистические навыки и языковая компетенция с течением времени может ухудшаться и деградировать, тестирование авиационного персонала необходимо проводить регулярно и подтверждать (или же не подтверждать) наличие необходимых навыков и компетенции.

Согласно общепринятой практике, функции обучения и последующей сертификации, как правило, разделяются между исполняющими и сертифицирующими организациями для обеспечения объективности результатов.

2. Материалы и методы, используемые в рамках программы обучения авиационному английскому языку в РИА

2.1. Основные принципы построения программы

Одной из основных сфер деятельности Рижского Института Аэронавигации является подготовка специалистов, готовых по возможности скорее начать свою профессиональную деятельность. На настоящий момент обучение, например, диспетчеров УВД, проходит в рамках организации ATS TO (Air Traffic Service Training Organization), сертифицированной в соответствии с требованиями регулирующей нормы ЕС “Regulation (EU) 2015/340). Программа преподавания авиационного английского языка разработана таким образом, чтобы:

- Подготовить будущего авиационного специалиста к успешной сдаче соответствующего экзамена и получению 4-го уровня ИКАО.
- Отработать и закрепить лингвистические навыки, необходимые как для ежедневной работы, так и для действий в чрезвычайных/аварийных ситуациях.

2.2. Основные элементы методологии обучения авиационному английскому языку в РАИ

Языковая компетентность представляет собой сложное переплетение знаний, навыков и компетенций, и не сводится к заучиванию отдельных лексических единиц, составляющих словарный запас. Поэтому программу обучения английского языка можно назвать «многоступенчатой», с постепенным повышением сложности и насыщенности. Базовая программа включает следующие основные элементы:

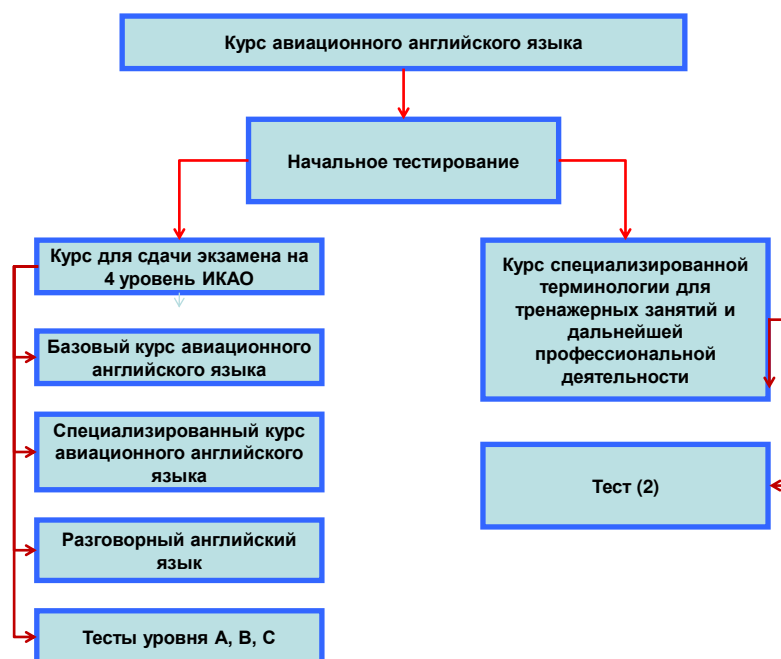
- Начальное тестирование до начала курса. Этот этап позволяет определить начальный уровень владения английским языком, выявить сильные и слабые стороны, наличие опыта работы в сфере гражданской авиации. За основу берется рабочая шкала ИКАО, результат выставляется в процентах, при этом за 100% берется 4-й рабочий уровень ИКАО. Тестирование производится по всем навыкам, которые будущий специалист должен демонстрировать как во время экзамена, так и в процессе работы. При необходимости, на этом этапе группа может быть разделена на подгруппы, более слабым студентам могут быть даны рекомендации для индивидуальной подготовки.

- Курс специализированной терминологии для тренажерных занятий и дальнейшей профессиональной деятельности. Этот курс мы, как правило, планируем для студентов, которые не имеют опыта профессиональной деятельности, таким образом, чтобы он предшествовал занятиям на тренажере (в первую очередь, это касается авиадиспетчеров). В конце курса обязательно проводится тест.

- Базовый курс авиационного английского языка. Как правило, проводится параллельно курсу разговорного английского языка. Эта часть программы включает вводные темы, например, “The ICAO proficiency requirements”, “Professional Environment”, а также уроки для всех основных этапов производства полетов, например, “Pre-flight and departure” или “Approach and landing”. Курс завершается тестом уровня А и, чаще всего, объединяется с тестированием разговорного английского языка.

- Специализированный курс авиационного английского языка. Когда студент уже имеет представление о терминологии, связанной с основными фазами производства полета, мы начинаем прорабатывать нестандартные, чрезвычайные и аварийные ситуации. В рамках этого курса мы стараемся охватить максимальное количество тем, начиная с наиболее распространенных, например, “Bird strike”, “VIP flights”. Ближе к завершению студентам могут быть предложены такие темы, как “Volcanoes”, “Dangerous goods” и т.д. Эта часть программы может также преподаваться как отдельный курс для уже работающих пилотов и авиадиспетчеров перед сдачей очередного теста ИКАО.

• Курс разговорного английского языка (General English). Хорошее владение разговорным английским языком – это обязательное условие для дальнейшего успешного прохождения курса авиационного английского языка, это фундамент для дальнейших занятий. Во время этих занятий отрабатываются грамматические правила и конструкции, которые необходимы для сдачи теста 4-го уровня, а также расширяется и наращивается словарный запас разговорного английского языка. Необходимо отметить, что этот элемент может сыграть решающее значение для успешной коммуникации пилота и авиадиспетчера в нестандартных ситуациях, так как в этом случае диалог может выходить за рамки стандартной фразеологии. Курс завершается тестом на грамматику и разговорную речь (обычно это часть теста А, см. ниже).



Источник: [1]

Рис.1 Элементы программы обучения авиационному английскому языку

2.3. Система самостоятельной работы и лингвистическая лаборатория

Отдельно необходимо выделить разработанную в РИА систему для самостоятельной работы студентов, которая позволяет значительно быстрее выработать необходимые лингвистические навыки и компетенции. Упомянутая выше система включает:

1. Индивидуальные рекомендации и индивидуальную проверочную работу преподавателей.
2. Аудиозаписи студентов в лингвистической лаборатории. Преподаватель прослушивает сделанные записи, анализирует их и дает рекомендации каждому студенту для дальнейшего улучшения и совершенствования.
3. Студенты в процессе подготовки используют электронную библиотеку авиационного английского языка, которая является элементом лингвистической лаборатории.

2.4. Система тестирования

Основная задача тестирования в РИА – постоянно отслеживать прогресс студента и готовность к сдаче завершающего теста в администрации ГА или другой

проверяющей организации. Система тестирования включает следующие обязательные элементы:

- На каждом уроке производится устный опрос студентов для проверки результатов домашней и самостоятельной работы. Для пилотов и диспетчеров самое главное – это общение посредством устной речи, поэтому опрос производится именно в такой форме.

- Промежуточные тесты могут быть как устными, так и письменными. Частота и форма выбираются преподавателем в зависимости от поставленных задач.

- Отдельный тест для проверки владения стандартной фразеологией.

- Тесты уровня А, В и С. Тесты А и В проводятся для оценки знаний студента после завершения какого-либо из базовых элементов программы – например, базового курса авиационного английского языка. Тест С – это завершающий тест для всей программы, при помощи которого оценивается готовность студента к экзамену в сертифицирующей организации.

Результатом проведения начального теста, а также тестов А, В и С, является отчет, использующий критерии шкалы оценки ИКАО (см. Приложение 1). Используя данную форму отчета, и студент, и преподаватель способны сделать выводы о всех языковых навыках, которые необходимы для сдачи завершающего теста. Преподаватель анализирует результат и дает индивидуальные рекомендации студенту для доработки и совершенствования тех или иных лингвистических навыков, например, восприятия на слух (Comprehension).

3. Выводы

На текущий момент методология, принципы построения программы и все остальные реализуемые в РИА мероприятия обеспечивают необходимый уровень языковой подготовки, при условии дисциплинированности и мотивированности студента. Анализ результатов сдачи завершающих тестов, как в РИА, так и в проверяющих и сертифицирующих инстанциях, демонстрирует практическую эффективность применяемого нами подхода. Мы постоянно анализируем и отслеживаем процесс языковой подготовки, и, по мере накопления статистических и других видов данных, касающихся языковой подготовки, постоянно развиваем и совершенствуем наши программы обучения авиационному английскому языку.

4. Список информационных источников

1. Внутренняя система документации РИА
2. ICAO Doc. 9835. Manual on the Implementation of ICAO Language Proficiency Requirements
3. EC “Regulation (EU) 2015/340)

Приложение 1

Отчет о начальном тестировании

Дата:

Имя, фамилия:

Промежуточный результат по шкале ИКАО

Таблица 2

Name, surname	Pronunciation (%)	Structure (%)	Vocabulary (%)	Fluency (%)	Comprehension (%)	Interaction (%)
	30	30	30	40	30	30

Источник: [1]

Текущий уровень по шкале ИКАО 3. Знание грамматики на среднем уровне, но достаточно стабильные. Хороший результат аудирования. Основная проблема – очень тихая, неуверенная речь. Задачи: улучшить громкость и ускорить темп речи, повторить рекомендованные темы по грамматике.

• Грамматика – повторение следующих тем из базового курса грамматики:

✓ Конструкции *s to be*;

✓ Спряжение глаголов в *Present Simple*;

✓ Предлоги;

✓ Употребление союзов/служебных слов *that, what, then, than*.

• Лексика – на начальном этапе лексика достаточная, в дальнейшем необходимо расширять словарный запас.

• Фонетика – не соответствует требованиям, необходимо говорить громче, четче и быстрее.

• Аудирование - студент слышит и понимает иностранную речь удовлетворительно.

Рекомендации/требования*:

1. Согласовать с преподавателем 5 текстов для воспроизведения, отработать громкость и четкость речи, сдать в форме зачета.

2. Подготовить рассказ из 20 предложений на общую авиационную тему, так, чтобы в этом рассказе использовалась временная форма *Present Simple* в третьем лице для единственного и множественного числа.

3. При формулировке предложений отсутствует глагол *to be*. Необходимо составить список различных предложений (не менее 20), в которых в родном языке отсутствует связка, но она обязательно должна быть в английском. Пример *The landing procedure is difficult because*

4. Необходимо составить конспект по предлогам и заучить по одному базовому примеру на каждый предлог.

Подпись студента:

*По результатам прохождения теста даются развернутые рекомендации для дальнейшей работы студента, как в аудитории, так и самостоятельно.

ПОИСК РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЩЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ

Моторин Е.В., Назаров Д.В.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С.П.Королёва
egor0809@inbox.ru, dvn69@mail.ru

Abstract

There are many ways to improve the aerodynamic characteristics of an aircraft. In this work we investigate the boundary layer control system (BLC). The problem is that the boundary layer can be in a turbulent state when the aircraft, rocket or their individual elements are streamlined. In this case, the spectrum of effective methods of boundary layer control is significantly limited [1].

The using of power systems of BLC allows increasing the load carrying properties of the aircraft, improving its aerodynamic characteristics (ADC) at high angles of attack, increasing the aerodynamic quality and efficiency of the control elements. The gas, which is used as the working body in the BLC systems, is usually taken from the power plant of the aircraft. Usually the gas jet is blown along the surface of the wing or mechanization organs.

The use of BLC systems allows increasing the maneuvering characteristics of the aircraft and reducing the required takeoff and landing distance. As a result, the transport efficiency and safety of aircraft flight are increased, which is important both for military aircraft and for civil aviation [2].

The purpose of this work consisted of increasing the efficiency of the BLS system by searching for a rational position of the jet blown through a flat slot in the upper surface of an infinite wingspan.

For each position of the slit along the profile chord, the ADC was analyzed for a constant value of the impulse coefficient of the jet [5]. The distance from the nose of the profile to the slit axis was rationally chosen.

Аннотация

Известно множество способов улучшения аэродинамических характеристик летательного аппарата (ЛА). В данной работе исследуется система управления пограничным слоем (УПС). Проблема состоит в том, что при обтекании самолета, ракеты или их отдельных элементов пограничный слой может находиться в турбулентном состоянии. В этом случае спектр эффективных методов управления пограничным слоем существенно ограничен [1].

Использование энергетических систем УПС позволяет повысить несущие свойства самолета, улучшить его аэродинамические характеристики (АДХ) на больших углах атаки, повысить аэродинамическое качество и эффективность органов управления. Газ, который используется в качестве рабочего тела в системах УПС, как правило, отбирается от силы установки ЛА. Обычно струю газа выдувают вдоль поверхности крыла или органов механизации.

Применение систем УПС позволяет добиться повышения маневренных характеристик самолета и сократить потребную взлетно-посадочную дистанцию. В результате повышается транспортная эффективность и безопасность эксплуатации ЛА, что актуально как для военных самолетов, так и для гражданской авиации [2].

Целью данной работы являлось повышение эффективности работы системы УПС, посредством поиска рационального положения струи, выдуваемой через плоскую щель в верхней поверхности крыла бесконечного размаха.

Исследования проведены численными методами с использованием программного комплекса ANSYS CFX. Движение газа является стационарным, т.е. параметры движения воздуха остаются постоянными во времени [3]. Верификация результатов расчета проводилась путем сравнения АДХ профиля, полученных расчетным путем, со справочными данными [4]. Также проведены исследования влияние размеров расчетной области и количества узлов сетки на результаты расчетов. Особое внимание при создании сетки отведено моделированию пограничного слоя.

Для каждого положения щели по хорде профиля проведены исследования АДХ для постоянного значения коэффициента импульса струи [5]. Выбраны рациональные значения расстояния от носка профиля до оси щели.

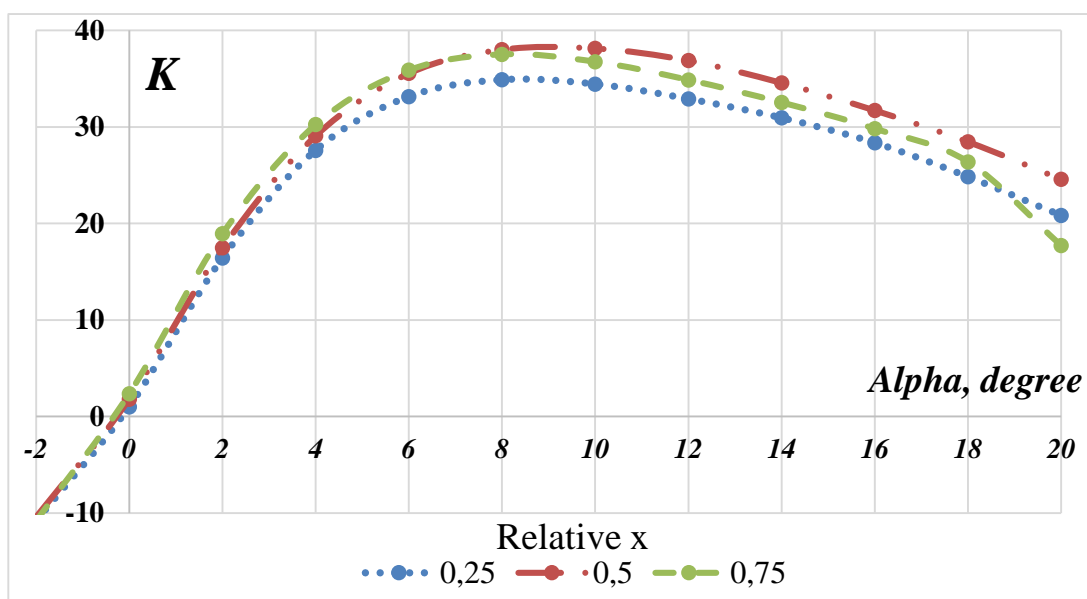


Рис. 1 – Зависимость аэродинамического качества от угла атаки

На рис. 1 представлен график зависимости аэродинамического качества от угла атаки различных относительных величин положения щели вдоль хорды крыла. Как можно заметить наиболее выгодным является расположение щели на середине хорды крыла, при смещении щели к законцовке крыла наблюдается падение индуктивного сопротивления, а также возрастание величины подъемной силы, однако эффективность расположения на расстоянии более $\bar{x} = 0,5$ падает.

Введение

Существует две задачи по управлению пограничным слоем, одна из которых заключается в предотвращении отрыва пограничного слоя или же максимальном его оттягивании, вторая задача заключается в перемещении точки перехода ЛПС в ТПС к хвосту тела (в нашей работе телом является крыло).

Затягивание отрыва ПС способна улучшить взлётно-посадочные характеристики ЛА. Смещение точки отрыва улучшает циркуляцию, а следовательно, увеличивает c_y .

В данной работе рассматривается процесс массового движения воздуха из щели, расположенной вдоль крыла – такое явление называется сдув ПС.

Исследуется явление на прямоугольном крыле бесконечного размаха (без учета перетеканий воздуха через законцовки крыла), используемый профиль – NACA 0012.

Методы исследования

Для исследования применялся пакет Ansys CFD, скорость воздушного потока, которым происходит обтекание крыла $v_{\infty} = 60 \frac{m}{c}$, $Re=3,9 \cdot 10^6$. Модель сетки представлена на рисунке 1.

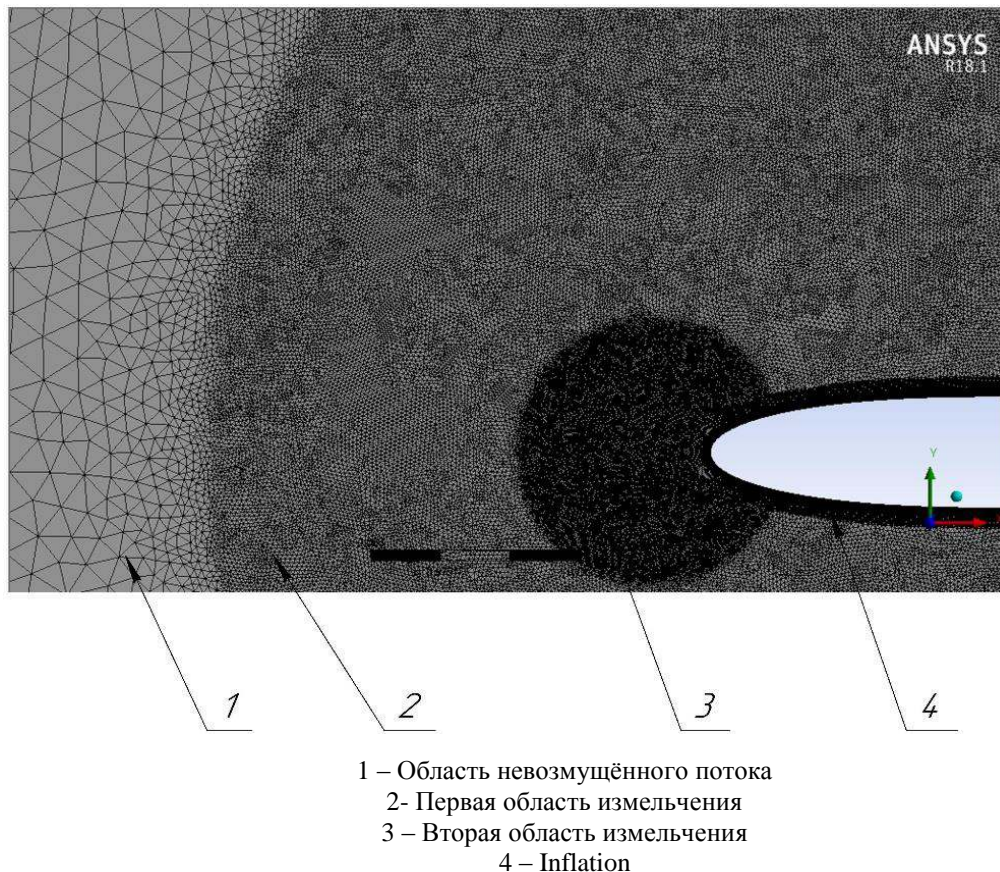


Рис. 1 – Сетка

С целью сравнения проверки правильности построения модели крыла, а также выбора турбулентной модели, качества построения сетки сравним полученные данные с аэродинамическими характеристика профиля, изложенными в атласе аэродинамических профилей [1].

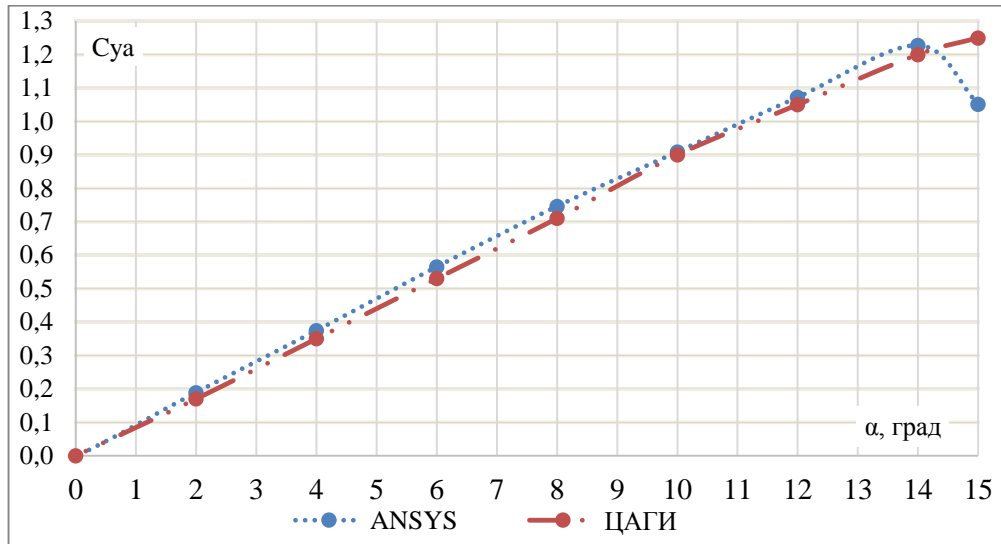


Рис. 3 – Сравнение результатов ЦАГИ и расчетов Ansys

Эффективность системы УПС (управления пограничным слоем) характеризуется коэффициентом импульса выдуваемой струи и рассчитывается по формуле [2]:

$$C_{\mu} = \frac{\rho A v^2}{q_{\infty} S_0}$$

ρ – плотность воздуха;

q_{∞} – скоростной напор;

A – площадь щели;

v – средняя по сечению щели скорость выдуваемого воздуха;

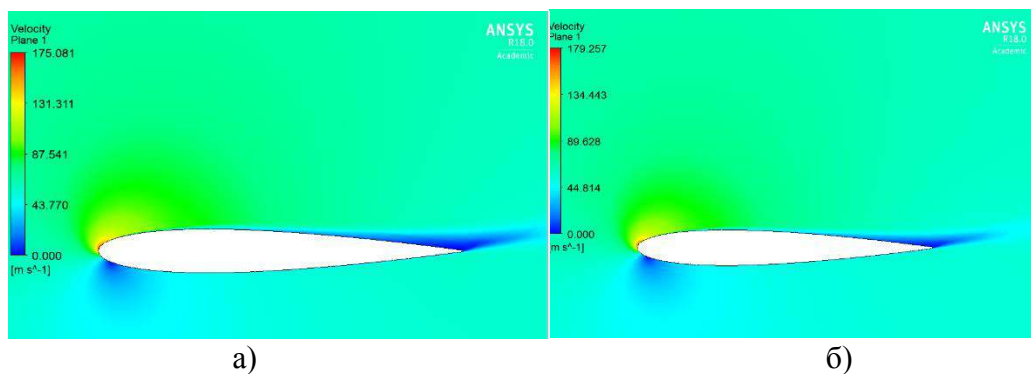
S_0 – площадь крыла, обслуживаемая системой УПС;

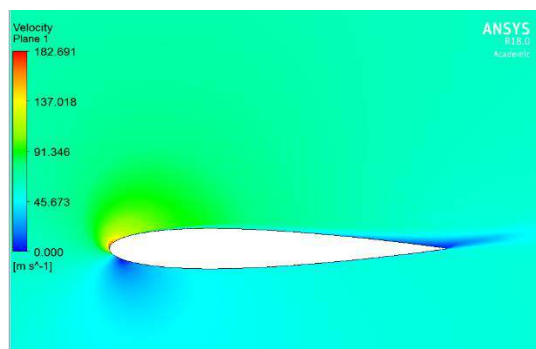
Значения импульса выдуваемой струи в данном исследовании были таковы:

$$C_{\mu} = \begin{cases} 0 \\ 0,03 \\ 0,06 \\ 0,09 \end{cases}$$

обработка результатов

На рисунке 4 показаны поля скоростей для различных коэффициентов выдува струи.





в)

а) $c_\mu = 0,03$; б) $c_\mu = 0,06$; в) $c_\mu = 0,09$;

Рис. 4. Поля скоростей при различном коэффициенте выдува струи

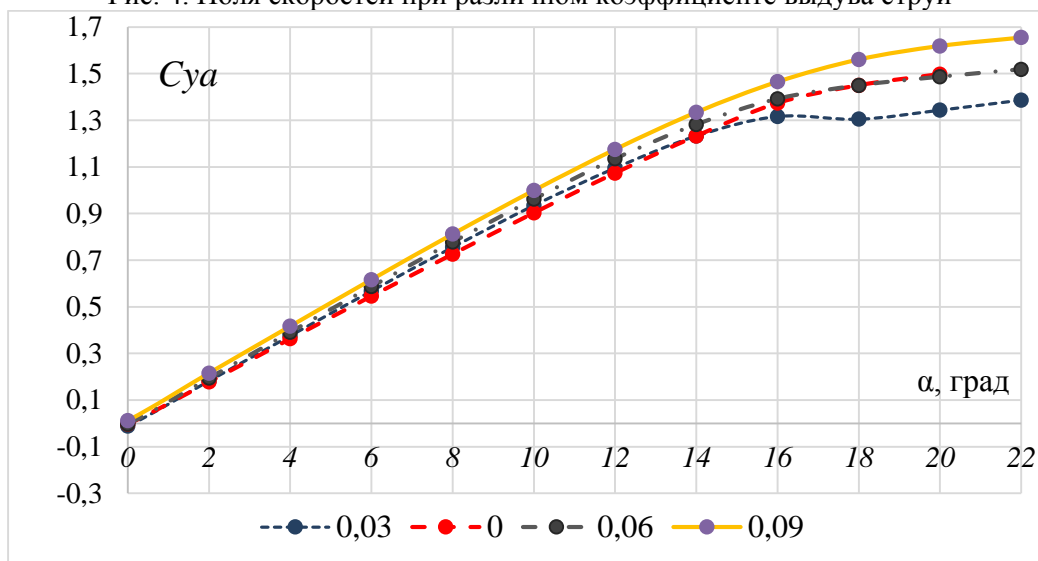


Рис. 5. График зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки при различных значениях коэффициента выдува струи

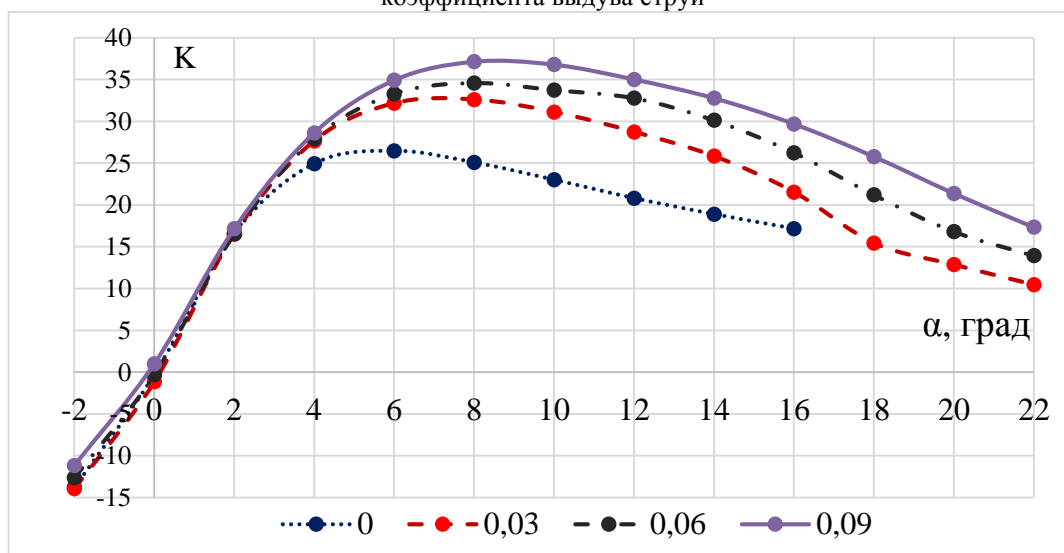


Рис. 6. График зависимости аэродинамического качества от угла атаки при различных значениях коэффициента выдува струи

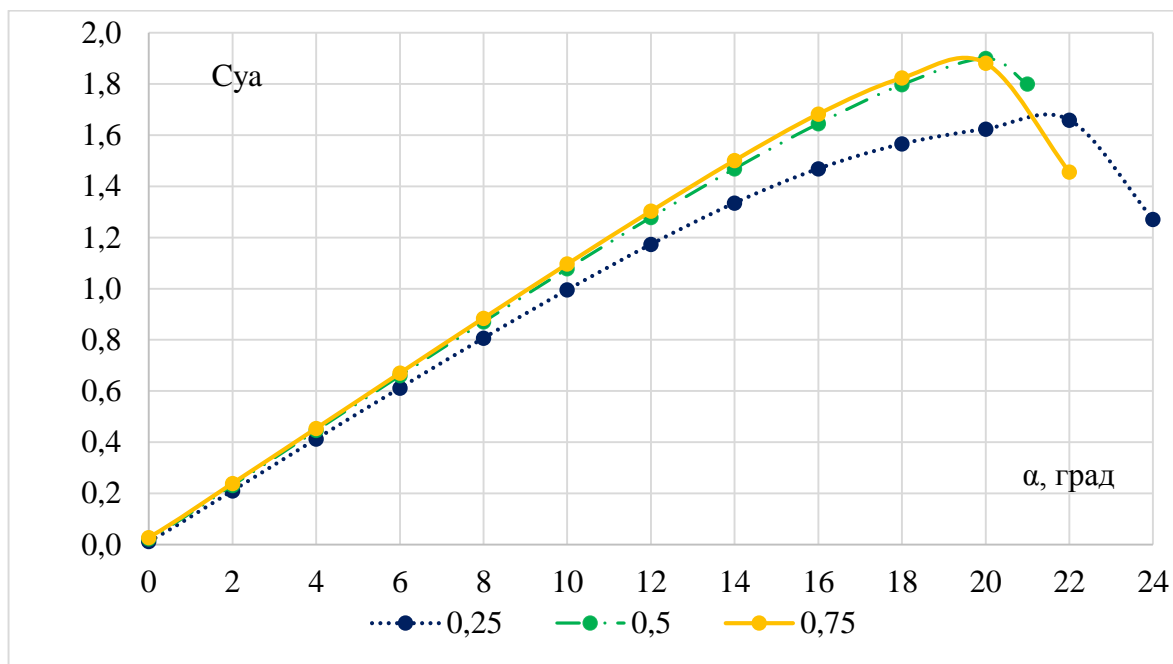


Рис. 7. График зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки при различных значениях относительной величины расположения щели

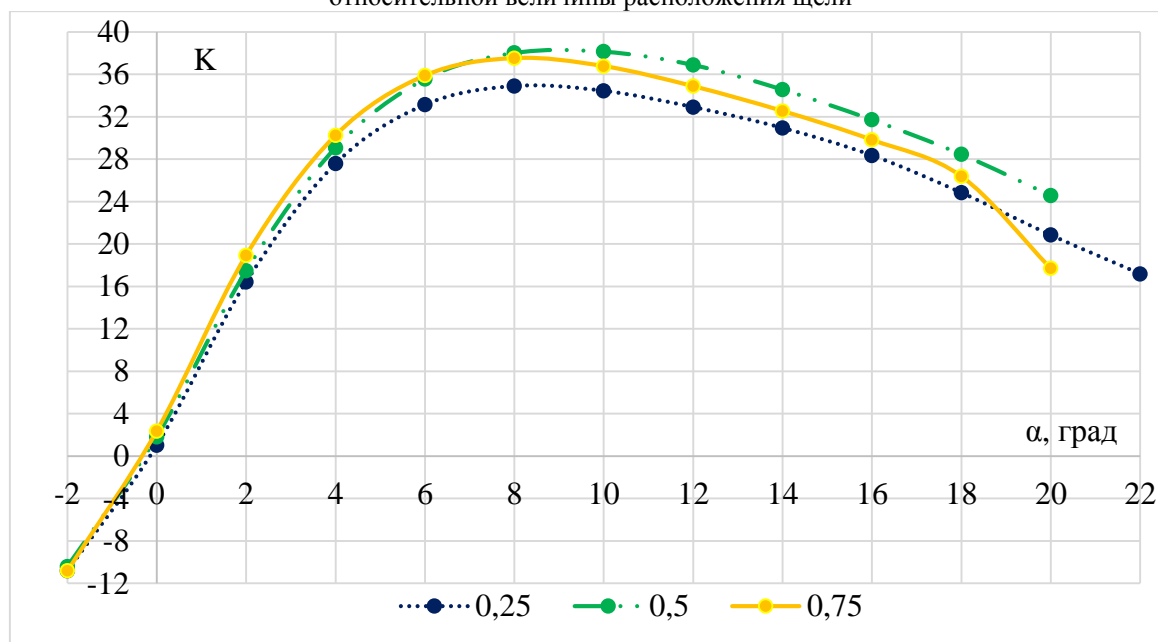


Рис. 8. График зависимости аэродинамического качества от угла атаки при различных значениях относительной величины расположения щели

Выводы

В процессе исследования было выявлено влияние величины коэффициента выдува плоской струи на АДХ профиля НАСА 0012. С увеличением коэффициента незначительно возрастает профильное сопротивление, однако, значительно падает индуктивное, а также возрастает величина подъемной силы, что положительно сказывается на аэродинамическом качестве – углы выше 4 градусов являются рациональными для применения системы УПС.

При перемещении вдоль хорды профиля щели наблюдается также рост аэродинамического качества до расположения на середине профиля, а далее с увеличением \bar{x} наблюдается незначительное падение качества.

Список использованных источников

1. Корнилов В. И. Стационарный вдув / отсос воздуха в турбулентный пограничный слой симметричного крылового профиля // Сибирский физический журнал. 2018. Т. 13, № 1. С. 33–44.
2. Петров А.В. Энергетические методы увеличения подъемной силы крыла. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 – 404 с. – ISBN 978-5-9221-1343-4
3. Афанасьев, Ю. О. Гидрогазомеханика: учебное пособие / Ю. О. Афанасьев, Н. В. Тиунова; под редакцией П. Т. Петрика. — Кемерово: имени Т.Ф. Горбачева, 2009. — 133 с. — ISBN 978-5-89070-705-5. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6650> (дата обращения: 03.01.2021).
4. Кравец А.С. Характеристики авиационных профилей. – М.: Оборониздат, 1939 – 213 с.
5. Судаков В.Г. Численное моделирование физических процессов восприимчивости, устойчивости и управления в высокоскоростном пограничном слое [Текст]: дисс. доктора физико-математических наук / Судаков Виталий Георгиевич. – М., 2017. – 299 с. – 532.526:533.6.011.5.

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСОМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПАКЕТА МОТИВАЦИОННОГО ЯДРА КОРПОРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА С УЧЕТОМ ЕГО ПСИХОТИПОВ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПО МОНЕТАРНОМУ РЕСУРСУ

Artjoms Pankevičs

Latvija, Biznesa mākslas un tehnoloģiju augstskola
apankevich@inbox.lv

Аnotācija

Darbs ir veltīts daudz faktoriālās ietekmes aprakstam un analītikai par stimulu veicināšanas motivāciju, ņemot vērā korporatīvā personāla psiho tipus un kompensācijas paketes resursu finansiālo ierobežojumu, kas ļaus papildināt instrumentu komplektu motivācijas vadības mūsdienu organizācijas vadības teorijā.

Abstract

The work is devoted to the characteristics and analytics of the description of the multifactor effect on the motivation of encouraging incentives, taking into account the psychotypes of corporate personnel and the financial limitation on the resources of the compensation package, which will allow to supplement the toolkit of the motivation management in the modern theory of the organization's management.

Аннотация

Работа посвящена характеристике и аналитике описания многофакторного влияния на мотивацию поощрительных стимулов с учетом психотипов корпоративного персонала и финансовым ограничением на ресурсы компенсационного пакета, что позволит дополнить инструментарий управления мотивацией в современной теории управления организацией.

Ключевые слова: персонал, стимул, психотип, валентность, сила мотивации.

Введение

Персонал организации – главный субъект всех бизнес-процессов, играющий ключевую роль в достижении успеха в условиях рыночной экономики.

Очень часто руководитель, чтобы повысить трудовую дисциплину и отдачу сотрудников начинает манипулировать двумя рычагами: изменение заработной платы и увольнение «проблемных» сотрудников с последующим наймом новых. Однако эффективные трудовые действия не могут возникнуть на пустом месте, работники не готовы трудиться без дополнительного побуждения. В этой связи для плодотворной работы персонала в организации необходимо задействовать управление мотивацией, которое опирается на руководящие правила, определяющие основные требования к системе, структуре и организации управления.

Управление мотивацией персонала это процесс не из легких, но именно системный и продуманный подход обеспечит активизацию мотивов сотрудников и создания стимулов для побуждения их к продуктивному труду в организации и, как следствие обеспечение оптимального использования ресурсов, мобилизации имеющегося кадрового потенциала.

Стремительное развитие цивилизации вынуждает организации постоянно искать новые подходы к мотивации персонала. Происходит постоянное возникновение новых

потребностей и значительная модификация существующих, меняются ценности, расположения, условия жизни людей, а это значит, что применяемые системы мотивации и стимулирования перестают эффективно воздействовать на поведение работников. Современные условия требуют постоянного совершенствования и расширения существующих видов и подходов к управлению мотивацией с учетом, как психотипов корпоративного персонала, постоянно изменяющейся структуры его потребностей персонала, так и финансовых ограничений на инвестирование в составляющие компенсационного пакета, обусловленных экономическими и иными деструктивными кризисными явлениями. Особенно актуальным этот поиск становится в условиях снижения мобильности граждан в ответ на введение режима национальной самоизоляции в период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19, а также возрастания стресса и неопределенности будущего, нужно понимать, что персонал – это один из главных факторов успеха компании.

В этой связи обязан выполняться равнозначный обмен между организацией и ее сотрудниками и при этом, с одной стороны должна быть лояльность сотрудников, которая способствует достижению стратегических целей компании, а с другой стороны – удовлетворение материальных и моральных потребностей сотрудников с применением компанией комплексной системы мотивации персонала, потенциал которой ограничен в результате сокращения бюджетного пространства. Поэтому при управлении персоналом мотивация должна рассматриваться как процесс формирования эффективных политик его мотивации в условиях фискального ограничения на использование ресурса компенсационного пакета.

Материалы и методы

Мотивационное ядро корпоративного персонала и факторы, под воздействием которых оно формируется

Понятие «мотивационное ядро» первым раскрыл и стал изучать американский психолог Дж. Келли [1, с. 385]. В его трактовке мотивационное ядро личности – это совокупность индивидуальных потребностей и ценностей, наиболее важных для человека в настоящее время, которые могут служить мотивами к действию и побуждением к активности.

В отношении мотивационного ядра персонала организации, характеризующие его признаки включают, как отдельные признаки мотивационного ядра личности, так и ряд специфических признаков. С учетом этих особенностей к признакам мотивационного ядра персонала организации относятся [2, с. 101, 102]: наличие нескольких одновременно действующих на человека в процессе труда мотивов; наличие стимулов, относящихся к различного рода ресурсам, находящимся в распоряжении системы управления; наличие последовательной устойчивой причинно-следственной связи между стимулами и мотивами; устойчивость мотивационных комплексов; способность комплексов к модернизации на основе смены приоритетных стимулов и мотивов; способность к автономному снятию противоречий между мотивами, а также между мотивами и стимулами.

Совокупность этих признаков определяет мотивационное ядро персонала организации, как гармоничное сочетание мотивов персонала организации и стимулов, которые имеются в арсенале организации и способны управлять действиями работников для достижения целей и задач организации, формируемое под воздействием целого комплекса внешних и внутренних факторов.

Внутренние факторы заложены в человеке, и организация не в состоянии их менять или влиять на них. К ним относятся: личность человека, его гендерная

принадлежность, возраст, убеждения, ценности, характер, интересы, психологические особенности, темперамент, образование, воспитание, социальное положение, материальное благосостояние. Перечисленные факторы можно контролировать на этапе найма персонала, проводя тщательную процедуру отбора, когда есть возможность с помощью специалистов и специальных методик подбирать работника, максимально подходящего для вакантной должности.

Внешние факторы, которые влияют на формирование мотивационного ядра персонала, формируются в организации и призваны повлиять на имеющиеся потребности и нормы поведения работников. К ним относятся:

❖ предоставление организацией возможностей для развития персонала, творческого подхода к труду, что формирует само мотивацию и желание эффективно выполнять работу;

❖ условия труда, что подразумевает: технологическую сложность труда, то есть разнообразие трудовых операций, исключая монотонность труда, безопасность рабочего места, степень свободы труда, эргономические, эстетические, социально-психологические характеристики рабочего места, престижность рабочего места;

❖ целевые установки, зафиксированные в системе управления персоналом организации, к которым можно отнести сотрунический стиль руководства, предупреждение конфликтных ситуаций, долговременные трудовые отношения с работниками, оказание помощи работникам в различных ситуациях, совершенствование рабочих мест и т.д.

Все перечисленные факторы вызывают положительную мотивацию и, естественно, способствуют формированию устойчивого мотивационного ядра, но даже достигнув этого состояния следует иметь в виду, что в процессе труда персонал организации находится под воздействием нескольких мотивов, которые условно подразделяют на три группы [2, с. 102]:

- непосредственно связанные с трудом;
- непосредственно связанные с организацией;
- обусловленные жизнедеятельностью работников организации.

Мотивы, непосредственно связанные с трудом, в общем виде, характеризуются как удовлетворение, получаемое в процессе и результате труда, а мотивы, непосредственно связанные с организацией, главным образом, выражаются в группе социальных потребностей, к которым относятся самореализация, достижение, признание и др. Эти мотивы связаны со следующими мотивами: планирование карьеры, многообразие социально-психологических и статусных позиций, создание условий, обеспечивающих развитие активности персонала организации.

Такого рода стимулы в значительной мере ориентированы на общее и профессиональное развитие персонала и образуют прочное в связях и долговременное единство между организационными ценностями и личностными мотивами персонала организации.

Мотивы, которые обусловлены жизнедеятельностью работников организации, основаны на монетарных и нематериальных, в том числе, моральных стимулах и первичных мотивах. Эти мотивы сопрягаются с такими стимулами, как денежное вознаграждение, льготы и привилегии, предоставляемые организацией персоналу и бывшим ее работникам.

Именно эта группа мотивов является верховенствующей. Однако, поскольку ресурсы материального стимулирования всегда ограничены, наиболее эффективными способами преодоления девальвации потенциала мотивационного ядра становится не

столько наращивание монетарной значимости стимула, сколько, наилучшим образом, использование внутренних резервов в виде компенсационных ресурсов, включающих косвенно материальные и нематериальные, в том числе, моральные стимулы.

Единство этих трех мотивационных групп способствует образованию устойчивого мотивационного ядра, обладающего определенным потенциалом, и формирующего следующие мотивы: повышение имиджа предприятия, побуждения к активному труду, обеспечение полезности инновационной деятельности, познания нового, улучшение качественных характеристик продукции, снижение уровня затрат, стремление к профессиональному и должностному росту, к проявлению инициативы, к признанию окружающих, то есть любое стремление к успеху.

Потенциал мотивационного ядра персонала организации и причины его девальвации

В настоящее время актуализируется проблема формирования эффективной мотивации персонала организации, так как кризисное состояние многих предприятий в немалой степени объясняется недостаточно качественным управлением ресурсами, обеспечивающими состояние мотивационного ядра, потенциал которого соответствует потребностям производства. Поэтому в поле зрения руководителей организации должен постоянно находиться мотивационный потенциал, который служит объединяющим началом для экономического, технического, трудового, производственного и других элементов. Это позволит более последовательно работать над улучшением мотивационных процессов в организации. Причем необходимо выстраивать приоритеты в мотивационных воздействиях. Также важна направленность мотивационного потенциала на осуществление миссии организации, а, следовательно, достижения ее стратегических целей.

Миссия, стратегические цели организации являются предметами мотивации, а персонал организации – объектом мотивационного воздействия. В общем понимании можно считать, что объектами и предметами мотивации являются человек и его деятельность.

Тогда мотивационный потенциал, как характеристика функциональности мотивации – это совокупность наиболее значимых для работника мотивов трудовой деятельности, которые определяют, в конечном итоге, его отношение к труду и реализуются или могут быть реализованы в его производственном поведении, при наличии необходимых организационных условий [3, с. 48].

Эта сущностная характеристика мотивационного потенциала раскрывает возможности подсистемы управления по выработке установки на достижение поставленных целей организации.

Структурный срез мотивационного потенциала, как это отражено в [4, с. 425] представлен следующими элементами:

I. Внутренняя по отношению к человеку мотивация (стимулирование):

- 1) содержательные возможности профессии;
- 2) содержательные возможности должности;
- 3) статусные возможности профессии, должности.

II. Внешняя по отношению к человеку мотивация (стимулирование):

- 1) возможности способов воздействия: административные, экономические, психологические, социальные;
- 2) возможности инструментария мотивационных процессов (виды стимулирования, формы организации стимулирования).

Мотивационный потенциал реализуется в той степени, которая соответствует потребностям производства, а точнее потребностям его аппарата управления. Он может, как соответствовать этим потребностям, так и может быть недостаточным или избыточным. Мотивационный потенциал характеризует уровень мотивации работника, то есть, какие мотивы побуждают человека трудиться в конкретной организации, степень включенности в организацию, в которой находится его рабочее место, его ценностные ориентации, потребности, интересы в сфере трудовой деятельности.

Таким образом, *потенциал мотивационного ядра персонала организации* – это обусловленная находящимися в распоряжении организации ресурсами, возможная степень удовлетворенности тем, что наемные работники могут ценить и желать и, что работодатель в состоянии или желает предоставить в обмен на вклад персонала в достижение организацией ее миссии.

Полная реализация потенциала мотивационного ядра организации, требует создания соответствующих организационно-экономических условий, которые дают возможность реализовать совокупную способность ресурсов по обеспечению повышения эффективности решаемых задач.

Определение мотивационного потенциала предприятия включает два этапа:

- 1) выявление мотивационных потребностей работников;
- 2) измерение степени удовлетворенности выявленных потребностей.

Целью оценки мотивационного потенциала является, во-первых, выявление резервов для обеспечения его соответствия задачам организации и, во-вторых, определение мероприятий по их использованию.

Сегодня существует значительное количество работ по оценке мотивационного потенциала и синтезу мотивационного ядра персонала организации. Однако, формируемое мотивационное ядро организации базируется на оценках мотивационного потенциала работников, которые применяются к статичному состоянию внешней и внутренней среды и, соответственно, оценки мотивационного потенциала являются моментными. В действительности, оценки мотивационного потенциала отличаются динамичностью, и в этой связи потенциал мотивационного ядра организации не обладает абсолютной устойчивостью и с течением времени может девальвироваться под воздействием, например, депрофессионализации, превышения порога безразличия, а также эффекта «профессионального выгорания» – совокупности негативных психических переживаний, истощения от длительного воздействия напряжения, которое вызвано интенсивными взаимно обусловленными межличностными взаимодействиями, сопровождающимися повышенной возбудимостью и эмоциональностью. «Профессиональное выгорание» наступает при условиях, если работник организации оценивает свою работу как незначительную, не удовлетворен профессиональным ростом, испытывает недостаток самостоятельности, ролевою неопределенность вследствие нечетких к нему требований, перегрузку или недогрузку и тому подобное.

Для противодействия снижению весомости потенциала мотивационного ядра персонала организации в практике управления персоналом широко применяется инструментарий стимулирования, базисом которого являются материальные (денежные), косвенно материальные и нематериальные, в том числе моральные составляющие компенсационного пакета.

Составляющие компенсационного пакета – ресурс внешней мотивации персонала для обеспечения соответствия потенциала мотивационного ядра задачам организации

Компенсационный пакет представляет собой совокупность материально-денежных стимулов, социальных льгот и выплат (компенсаций), предоставляемых работодателем на основе добровольно взятых обязательств по отношению к работникам сверх тех, которые установлены законодательно.

Материально-денежное стимулирование – это поощрение работников денежными выплатами по результатам трудовой деятельности.

Материально-денежное стимулирование включает:

- *Повышение зарплаты.* Практика показывает, что повышение зарплаты является наименее действенным способом мотивации. Исследования показали, что мотивационный эффект от повышения зарплаты длится в среднем около 3 месяцев. Кроме того, этот стимул по очевидным причинам нельзя использовать слишком часто.

- *Премии и бонусы.* Гораздо более действенный способ для разделения зарплаты сотрудников на фиксированную часть и бонусы, зависящие от результативности. Это распространенная практика в подразделениях, занимающихся продажами или непосредственно взаимодействующих с клиентами. Сотрудники наглядно видят зависимость своих доходов от рабочих показателей, и это побуждает их работать энергичнее. Бонусы можно выплачивать за что угодно, в зависимости от текущих бизнес-задач: за выполненный план, за привлечение новых клиентов, за отсутствие опозданий, за высокие продажи новинок.

Компенсации являются одним из самых важных элементов системы мотивации персонала любой организации, обеспечивая в зависимости от обстоятельств (условий) противодействие инфляции потенциала мотивационного ядра персонала организации стабилизируя его к потребностям производства. В состав компенсаций входят компоненты немонетарного стимулирования, к которым относятся материальные, косвенно материальные (бенефиты) и моральные стимулы.

Бенефиты – это часть компенсационного пакета в виде дополнительных социальных льгот и выплат персоналу, сверх предусмотренных национальным законодательством [5, с. 162].

Значение бенефитов:

- ❖ Во-первых, позволяют обеспечить реальное улучшение условий труда сотрудников, зачастую, с незначительными расходами со стороны компании.

- ❖ Во-вторых, посредством бенефитов компания может пропагандировать среди сотрудников определенные корпоративные ценности. Например, при помощи компенсации стоимости абонементов в спортзал или бассейн можно поощрять здоровый образ жизни.

- ❖ В-третьих, бенефиты являются благотворным фактором психологического влияния на сотрудников, поскольку подчеркивают ценность и значимость конкретного работника для организации, повышая тем самым его самооценку, а значит, лояльность к компании на основе отождествления целей компании и его собственных целей.

- ❖ В-четвертых, многообразие бенефитов способствует формированию благоприятного имиджа компании (PR-воздействие) как для внешних наблюдателей, так и внутри самой компании;

- ❖ Бенефиты – инструмент мотивации персонала организации.

В современной практике предоставляемые персоналу организаций бенефиты разделяют на два блока [6, с. 150]:

- обязательные бенефиты (регламентируются трудовым законодательством);
- добровольные бенефиты, которые не регламентируются государством и используются для мотивации персонала работодателями на добровольной основе.

Для работодателей введение бенефитов очень даже полезно так как затраты на инвестиции относятся к тем, что можно вычесть из налогов в качестве расходов бизнеса. Если вдруг у владельца фирмы здоровье слабое, то множество растрат на собственное драгоценное здоровье он может списать, купив соответствующий своим потребностям пакет бенефитов. Однако придется и другим в организации покупать такой же пакет, но это уже мелочи и следует учесть, что избежать доначислений по налогу на доходы на физических лиц (НДФЛ) и налогу на прибыль, если доход образуется:

a) у работника возникает экономическая выгода в денежной или натуральной форме;

b) такую выгоду можно оценить.

Значит, для возникновения объекта налогообложения расходы в первую очередь должны быть выгодны сотруднику, а не работодателю. При этом доход должен быть индивидуализирован, то есть оценен применительно к конкретному лицу, а не ко всему коллективу. Например, когда работники получали бесплатное питание в формате «шведского стола», выгоду нельзя индивидуализировать, а у работника не возникает доход в натуральной форме поскольку нельзя выделить лиц, получивших доход в виде бесплатного питания, а также установить стоимость и количество потребляемых продуктов, невозможно определить и доход каждого работника, который облагался бы налогом.

Чтобы избежать рисков и защитить свою позицию, нужно тщательно прописывать в договорах, приказах руководителей, локальных актах организации экономическое обоснование расходов на «бенефиты» работникам. Тогда у налоговой инспекции не будет простора для размышлений на этот счет.

Для работника бенефиты еще нужнее по следующим причинам:

❖ во-первых, очевидно, что если их тебе дают бесплатно, то самому покупать уже не нужно;

❖ во-вторых, если у человека обнаружили какое-то серьезное заболевание, то на лечение и на все сопутствующие траты нужны деньги или страховка. Однако для приобретения такой страховки нужно предоставить доказательства того, что ты ничем таким не болен, то есть пройти медицинскую комиссию. Если же человек получает пакет бенефитов, то медицинского освидетельствования ему проходить не надо;

❖ в-третьих, страхование различных видов дешевле обходится индивидууму, являющемуся частью группы. К тому же, чем больше эта группа, тем страховка дешевле.

Нематериальные стимулы моральной функциональности также оказывают положительное воздействие на трудовое поведение работника и на качество его работы. К ним относят: публичное поощрение сотрудников; объявление благодарности в приказе; вручение почетных грамот, дипломов, вымпелов, значков и медалей; размещение фотографий на доске почёта; награждение работников внутренними званиями; награждение ценными и корпоративными подарками; награждение статусными премиями; награждение курсовками и путевками и другие.

Нематериальные стимулы моральной функциональности тем действеннее, чем точнее и полнее выбрана та социальная аудитория, в которой распространяется информация, и чем длительнее срок действия этой информации. Их главное достоинство нематериальных стимулов моральной функциональности – их дешевизна, а потому высокая эффективность. В этой связи нематериальные стимулы моральной функциональности являются мощным средством воздействия на сознание работника и

формирование мотивов его поведения, но лишь в том случае, если они используются умело [7, с. 142].

Однако, исходя из теории психотипов В.И. Герчикова, в отношении персонала организации рекомендуется применять или не применять отдельные виды составляющих компенсационного пакета, что отражено в табл. 1 [8, с. 329].

Таблица 1

Стимулы, рекомендованные к применению исходя из теории психотипов В.И. Герчикова

Формы стимулирования	Стимулы	Мотивационный тип персонала				
		<i>Инструментальный</i>	<i>Профессиональный</i>	<i>Патриотический</i>	<i>Хозяйский</i>	<i>Люмпенизированный</i>
Денежные	Премии, бонусы, доплаты	!	✓	?	✓	?
Организационные	Создание условий для работы	?	!	!	✓	×
Моральные	Нематериальные поощрения	×	✓	!	?	?
Участие в управлении	Участие в совещаниях, принятии решений, назначения на должность	?	✓	✓	!	×
Патернализм	Забота о работнике, покровительственное отношение	×	?	✓	?	!
Натуральные	Льготы и компенсации, бесплатные путевки	?	×	✓	×	!
Негативные	Наказания и угрозы	×	×	✓	×	!

Примечание: здесь для обозначения принято следующее содержание символов:

! – эффективны; ✓ допустимы; ? – безрезультатны; × – запрещены.

Источник: [8]

Для диагностики пяти типов мотивации персонала организации применяется методика наиболее известная как «тест Герчикова» [9, с. 47]. На основе задания комплекса вопросов в анкете теста Герчикова ответы респондентов интерпретируются:

- ❖ *инструментальный* (коммерческий);
- ❖ *профессиональный*;
- ❖ *патриотически*;
- ❖ *хозяйский*;
- ❖ *люмпенизированный (избегательной мотивации)*.

Каждому из этих типов мотивации может быть сопоставлен определенный вид сотрудника организации и занимаемая им должность, а также инструменты стимулирования, как это отражено в табл. 2 и табл. 3.

Таблица 2

Наилучшее соответствие представителей видов персонала и занимаемой ими должностей в организации типам трудовой мотивации по методике В.И. Герчикова

<i>Тип трудовой мотивации</i>	<i>Вид сотрудника</i>	<i>Должность (пример)</i>
<i>Инструментальная</i>	Исполнитель работ с четко измеримым результатом	<i>Менеджер по продажам</i>
<i>Хозяйская, профессиональная, инструментальная</i>	Исполнитель на автономной работе	<i>Агент, торговый представитель, слесарь-ремонтник</i>
<i>Люмпенская</i>	Исполнитель на простых работах	<i>Оператор полу автоматической машины, фальцовщик и т.д.</i>
<i>Профессиональная</i>	Специалист с функциональным характером работы	<i>Менеджер, HR-специалист</i>
<i>Хозяйская, патриотическая</i>	Руководитель подразделения	<i>Руководитель службы, отдела, цеха и т.п.</i>
<i>Хозяйская</i>	Высший управляющий	<i>Генеральный директор</i>

Источник: [9]

Таблица 3

Инструменты стимулирования служащих с разными типами трудовой мотивации по методике В.И. Герчикова

<i>Тип трудовой мотивации</i>	<i>Как поощрять</i>	<i>Как наказывать</i>
А	1	2
<i>Хозяйственный</i>	Рядовому сотруднику предоставьте возможность брать на себя полную ответственность за выполнение своей работы, делегируйте полномочия. Руководителю предложите курировать стратегические проекты компании, владеть акциями.	<i>Такие сотрудники не терпят, когда их контролируют, указывают, что именно и как делать.</i>
<i>Инструментальный</i>	Увеличивать заработок, если рядовой сотрудник, то повышайте заработную плату, начисляйте премии за хорошие результаты. Руководителю выплачивайте внушительные проценты, бонусы и все время подчеркивайте связь между ним и вознаграждением.	<i>В первую очередь лишите материальных бенефитов – оштрафуйте, уменьшите бонус, упраздните социальные льготы. У руководителя отнимите автомобиль с водителем.</i>
<i>Профессиональный</i>	Представьте возможность обучаться за счет компании, повышайте в должности, признавайте достижения, не контролируйте каждый шаг.	<i>Игнорируйте любые личные достижения самого сотрудника и его подчиненных, ухудшите условия труда и лишите возможности учиться и развиваться, завалите рутинной работой.</i>

Продолжение таблицы 3

A	1	2
Патриотический	Поблагодарите сотрудника публично, отмечайте его заслуги визуально (доска почета, звание «лучший сотрудник»). Линейному руководителю предложите войти в состав совета директоров или посещать стратегические совещания. Если в компании патриотов много разработайте положение о социальной защите.	<i>Благодарите других сотрудников так, чтобы патриот это видел. При этом не поощряйте. Можно пригрозить увольнением, лишить возможности «опекать» других сотрудников (перевести в другой отдел, филиал)</i>
Люмпенизированный	Четко формулируйте задания и требования, причем они должны быть простейшие. Заботьтесь о сотруднике как родная мать – применяйте методы кнута и пряника.	<i>Пригрозите, что лишите возможности получать единственный доход, не помогайте решать материальные проблемы, лишите доплат и бонусов.</i>



Источник: [9]

Действуя в диалектическом единстве, разнообразные стимулы формируют мотивационное ядро персонала организации, эффективность которого бывает настолько отличной от ожидаемой, что возникает необходимость рассмотреть содержание и факторы, влияющие на мотивационный потенциал и определяющих его значимость составляющих компенсационного пакета.

Факторы, влияющие на значимость стимулов компенсационного пакета

Результаты исследований, выполненных в Rīgas Aeronavigācijas Institūts (RAI) и Biznesa mākslas un tehnoloģiju augstskola (RISEBA), которые представлены на 4-й и 5-й Международной научно-практической конференции 2016 и 2018 г.г. [10; 11] определили совокупность наиболее влияющих на значимость и динамику мотивационных стимулов в составе компенсационного пакета – это возраст и пол корпоративного персонала, а также монетарная стоимость мотивационного стимула.

Полученные в процессе исследований и разработки статистические материалы хорошо согласуются с результатами исследований по данной проблематике Кадрового Дома "Супер Джоб" [12], что наглядно демонстрируется на рис. 1. Здесь в качестве показателем принята мотивационная валентность (v) – ценность, значимость объекта, события или действия для субъекта, их мотивационная (побудительная) сила.

Для анализа сопоставимости результатов по однородным составляющим компенсационного пакета зарубежных () и отечественных () исследований рассматриваются интервальные оценки $v \pm \Delta$ мотивационной валентности положительно стимулирующих однородных составляющих компенсационного пакета. Здесь v – средняя статистическая мотивационной валентности стимула компенсационного пакета и Δ – предельная ошибка выборки, определяемая по формуле [13, с.230]:

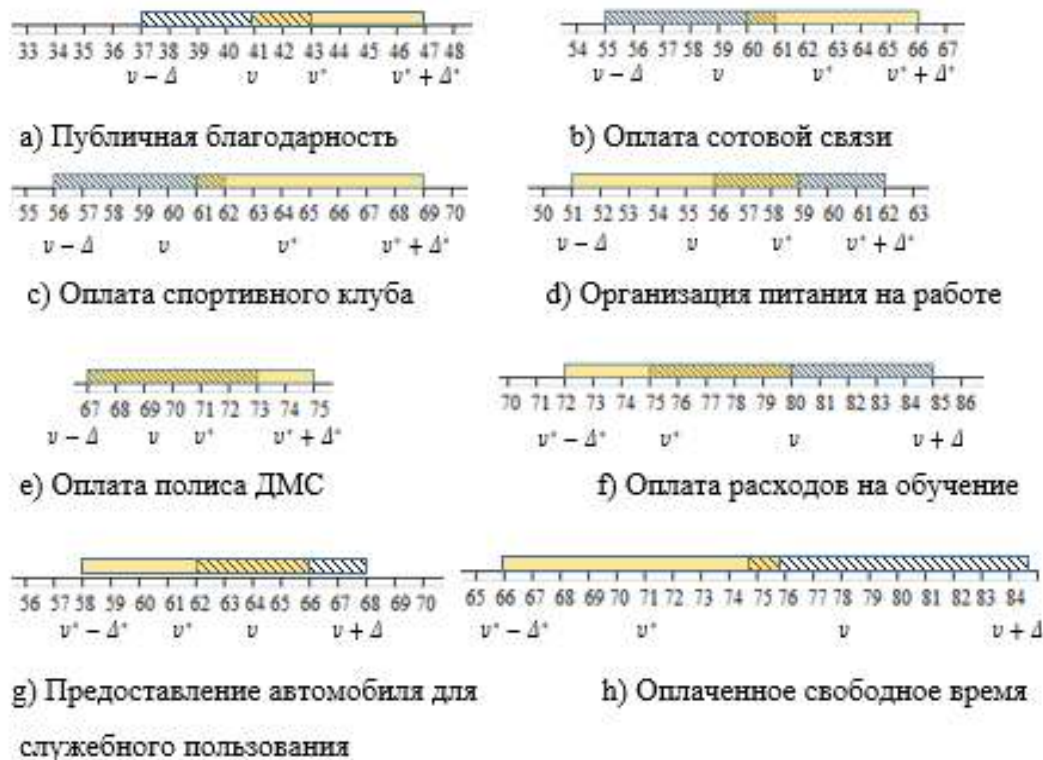
$$\Delta = \mu \cdot t_{\beta, h}, \tag{1}$$

где β – доверительная вероятность;

h – объем выборочной совокупности (численность единиц);

t – параметр распределения Стьюдента.

Для уровня доверительной вероятности $\beta = 0,95$ и численности единиц выборочной совокупности $h > 120$, что соответствует объемам выборочного наблюдения для зарубежных и отечественных исследователей, параметр распределения Стдента в соответствии табулированных данных составляет $t_{\beta=0,95, h>120} = 1,96$ [14, с.343].



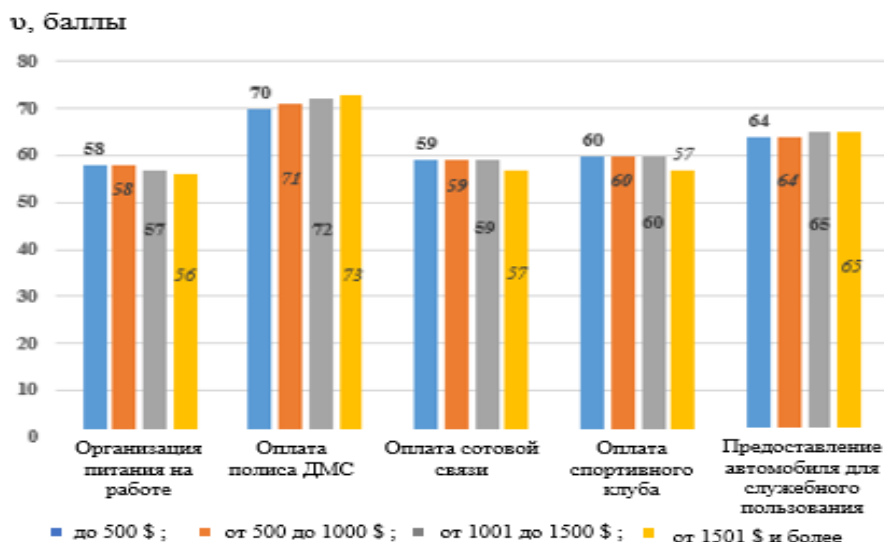
Источник: [15]

Рис. 1. Графика сопоставимости результатов оценок измеренной валентности зарубежных и отечественных исследователей

Тогда, с учетом уровня доверительной вероятности 0,95 и данных по среднестатистическим значениям мотивационной валентности зарубежных v и отечественных v^* исследователей, характеристика интервальных оценок $v \pm \Delta$ и их сопоставимости по однородным стимулирующим немонетарным составляющим компенсационного пакета показана на рис. 1 a, b, c, d, e, f, g, h. Совмещение зон интервальных оценок показано в виде заштрихованного цветного прямоугольника [15].

Группировка статистических данных обеспечивала для Кадрового Дома "Супер Джоб" репрезентативность выборки в 1500 респондентов при статистической погрешности $\mu = 2,5\%$ и для исследований в латвийских высших учебных заведениях RISEBA и RAI при 300 респондентах статистическая погрешность составила $\mu^* = 3,0\%$.

Исследования Кадрового Дома "Супер Джоб" выявили, как наглядно демонстрируется на рис. 2, что фактор влияния заработной платы на мотивационную валентность может быть признан ничтожным и элиминирован в исследовании и анализе количественной меры и динамики изменения силы мотивации для составляющих компенсационного пакета мотивационного ядра организации.



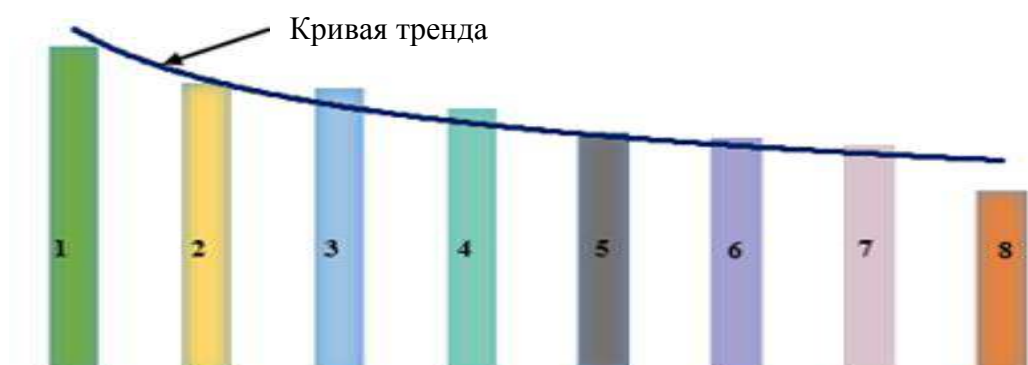
Источник: [12]

Рис. 2. Влияние уровня заработной платы респондентов на мотивационную валентность

В свою очередь, так как спектр должностей и профессий респондентов находится в непосредственной зависимости от заработной платы, выводы, сделанные по отношению к характеру связи мотивационной валентности для составляющих компенсационного пакета и уровня заработной платы, можно распространить и на весь спектр должностей и профессий.

Таким образом, при элиминировании несущественных факторов по их влиянию на результирующий признак, которым является мотивационная валентность (v), причинно-следственная связь этого результирующего признака с другими факторными признаками, а именно, вида компенсационной льготы – x , возраста – y и пола – ω респондентов, представляются функцией следующего вида $v = f(x, y, \omega)$.

Обобщая информацию зарубежных и отечественных исследователей о характере причинно-следственных связей мотивационной валентности с переделывающими ее уровень и динамику факторами, сформирован рейтинг приоритетности составляющих компенсационного, который в наглядном виде представлен столбиковой диаграммой и кривой тренда на рис. 3.



Источник: [15]

Рис. 3. Рейтинг приоритетности и тренд мотивационной валентности составляющих компенсационного пакета

Здесь 1 – оплата расходов на обучение; 2 – оплата свободного времени; 3 – оплата полиса ДМС (добровольного медицинского страхования); 4 – предоставление автомобиля в служебное пользование; 5 – абонент спортивного (оздоровительного) комплекса; 6 – организация питания на предприятии; 7 – оплата мобильной связи и интернет; 8 – публичная благодарность.

Рейтинг приоритетности, представленный на рис. 3, показывает очевидную связь значимости мотивационной валентности с монетарной ценностью составляющих компенсационного пакета, и эта связь характеризуется тем, что промежуточные факторы, влияющие на результат, опускаются или элиминируются и причинно-следственная связь между факторным признаком – монетарной ценностью составляющих компенсационного пакета p и результатом – мотивационной валентностью v , записывается в виде функции $v = f(p)$.

Такая модель причинно-следственной связи, когда возможно элиминирование промежуточных факторов x, y, ω и результативный признак связан с факторным непосредственно, то есть $v = f(p)$, обусловлена свойством транзитивности.

Для этого свойства характерным является то, что причина X и следствие Y связаны соотношением $X \rightarrow X' \rightarrow X'' \rightarrow Y$, а не непосредственно $X \rightarrow Y$. Однако промежуточные факторы X' и X'' , как правило, при анализе опускаются или элиминируются, и исследуемая модель записывается в общем виде, как $Y = f(X)$, а для рассматриваемой проблематики описания причинно-следственных связей в процессе мотивации персонала организации $v = f(p)$.

Инструментарий аналитического измерения силы мотивационного воздействия составляющих компенсационного пакета

Инструментарий измерения силы мотивации, который содержит вероятностная модель В. Врума опирается на следующие три фактора: валентность (выраженности желания получить вознаграждение); ожидание (оценки вероятности того, что прикладываемые усилия приведут к успешному выполнению задания); инструментальность (оценка вероятности того, что достижение поставленной цели будет достойно вознаграждено).

В математических символах аналитика количественной оценки силы мотивации G_k для k -го варианта затрат усилий работником $k = \overline{1, K}$ может быть записана в следующем виде [15, с. 36]:

$$G_k = \sum_{i=1}^{n_k} \xi_{ik} \sum_{j=1}^{m_{ik}} \alpha_{ijk} v_{ijk}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где ξ_{ijk} – вероятность (ожидание первого уровня), характеризующая ожидание результатов для i -го варианта выполнения работы при k -м варианте затрат усилий работником;

α_{ijk} – вероятность (ожидание второго уровня), характеризующая возможность применения j -го стимулирующего воздействия для i -го варианта выполнения работы при k -м варианте затрат усилий работником;

v_{ijk} – валентность результата j -го стимулирующего воздействия для i -го варианта выполнения работы при k -м варианте затрат усилий работником;

n_k – количество мотивируемого персонала организации при k -м варианте затрат усилий работником;

m_{ik} – количество мотивационных стимулов для i -го варианта выполнения работы при k -м варианте затрат усилий работником.

Валентность определяет значимость получения поощрения, для работника, устремленного к достижению поставленной цели. Под поощрением понимается не только материальное поощрение, но и продвижение по службе, моральное поощрение и т. д. Оценка валентности осуществляется в баллах различного масштаба шкал от 0 до 5 или от 0 до 100.

Другой компонент мотивации – ожидание результатов второго уровня, характеризует уверенность работника в том, что его труд приведет к достижению поставленной цели. Такое толкование ожидания коррелирует с понятием *самоэффективности*, т. е. уверенностью работника в своей компетентности и возможностях по отношению к выполнению конкретного сложного задания. Оценка ожидания варьируется в диапазоне от 0 до 1.

Инструментальность как элемент вероятностной модели В. Врума характеризует убежденность работника в реальности получения вознаграждения в случае успешного выполнения задачи. Неуверенность работника в том, что руководство выполнит свои обещания, снижает мотивацию. Оценка инструментальности варьируется в диапазоне от 0 до 1. В том случае, если работник считает, что получения вознаграждения не зависят от его усилий, инструментальность, как ожидание первого уровня равно 0. Если же, наоборот, то инструментальность получает в качестве количественной оценки 1.

В соответствии с вероятностной моделью В. Врума сотрудники работают эффективно, если они уверены в возможности реализации своих ожиданий в трех областях:

- ❖ ожидания в отношении «затраты труда – результаты труда»;
- ❖ ожидания в отношении «результаты труда – вознаграждение»;
- ❖ ценность полученного вознаграждения.

Таким образом, зависимость силы мотивации работника определяется следующими обстоятельствами: чему человек отдает предпочтение, что и сколько он бы хотел получить от своих усилий, какие усилия он согласен приложить ради этого. При этом выбор в пользу того варианта затрат усилий, который обеспечивает максимальную силу мотивации работника реализует следующее аналитическое выражение:

$$G(\beta, v, \alpha) = \max\{G_k\}. \quad (3)$$

Аналитика вероятностной модели В. Врума является качественным инструментарием внутренней мотивации, движущей силой которой являются не внешние воздействия (стимулы, подкрепления), а нечто изнутри самого человека. Тем не менее, этот инструментарий может быть применен и для внешней мотивации принимая следующие допущения:

- во-первых, полагая, что для $n_k = 1,0$ отсутствуют затраты на ожидание результата первого уровня, вероятность $\beta_i = 1,0$;
- во-вторых, полагая, что каждый стимул участвует в отборе столько раз, сколько отбирается стимулов, то есть после отбора стимула содержание и емкость компенсационного пакета H остается неизменной и поэтому для всех стимулов компенсационного пакета обеспечивается равная вероятность попасть в выборку (схема урн с повторным отбором), вероятность ожиданий применения j -го стимулирующего воздействия определяется, как $\alpha_j = 1/H$.

Тогда, применительно к внешней мотивации и допущении равнозначности емкости компенсационного пакета для каждого i -го работника из состава персонала

организации, аналитика вероятностной модели В. Врума для измерения силы мотивации в масштабе пяти бальной шкалы будет иметь следующей вид [15, с. 39]:

$$g_{ij} = \frac{1}{20} \sum_{j=1}^m \alpha_j v_j, \quad (4)$$

но учитывая, что $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_j = \dots = \alpha_{m-1} = \alpha_m = \alpha = \frac{1}{H}$ суперпозиция мотивационных сил исчисляется по формуле:

$$G_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} g_{ij} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha}{20} \sum_{j=1}^{m_i} v_{ij} = \frac{1}{20 \cdot H} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} v_{ij}. \quad (5)$$

В общем случае, а именно неравнозначности емкости компенсационного пакета для каждого из состава персонала организации $i = \overline{1, n}$, то есть $h_1 \neq h_2 \neq \dots \neq h_i \neq \dots \neq h_{k-1} \neq h_k$, вероятность ожиданий применения j -го стимулирующего воздействия определяется, как $\alpha_i = 1/h_i$, а сила мотивации

$$G_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{20 \cdot h_i} \sum_{j=1}^{m_i} v_{ij} = 0.05 \sum_{i=1}^n h_i^{-1} \sum_{j=1}^{m_i} v_{ij}. \quad (6)$$

Для применения на практике управления ресурсом компенсационного пакета мотивационного ядра персонала организации выражений (5) или (6), во-первых, необходимо знать уровни валентности составляющих компенсационного пакета мотивационного ядра персонала организации и, во-вторых, оперировать соответствующим инструментарием для эффективного структурирования их состава при стимулировании работников.

С учетом результатов исследований оценок и динамики валентности и, используя свойство транзитивности, сформирована модель количественной оценки силы мотивации, описывающая причинно-следственную связь валентности с монетарной ценностью составляющих компенсационного пакета, которая в масштабе шкалы В. Врума, имеет следующий вид [15, с. 74]:

$$\begin{aligned}
 G &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{h_i} \sum_{j=1}^{m_i} v_{ij}(p, t, n); \\
 v(p, t, n) &= (v_0 - \varphi(p) \cdot n) \cdot \exp(-\mu_\tau(p) \cdot t); \\
 v_0 &= \psi \cdot \mu_\omega(p) \cdot \mu_\chi(p) \cdot [1 - \exp\{-\mu_p \cdot p^{10\mu_p}\}]; \\
 \mu_\omega(p) &= 1 + \gamma_\omega \cdot \frac{\alpha_\omega}{\lambda} \cdot \left(\frac{0.01 \cdot p}{\lambda}\right)^{\alpha_\omega - 1} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{0.01 \cdot p}{\lambda}\right)^{\alpha_\omega}\right\}; \\
 \mu_\chi(p) &= 1 + \gamma_\chi \cdot \frac{\alpha_\chi}{\lambda} \cdot \left(\frac{0.01 \cdot p}{\lambda}\right)^{\alpha_\chi - 1} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{0.01 \cdot p}{\lambda}\right)^{\alpha_\chi}\right\}; \\
 \mu_\tau(p) &= \frac{1}{\ell_{n(e+p^2)}}; \varphi(p) = \frac{e^2}{\ell_{n(e+p)}}; e = 2.7182 \dots \\
 \lambda &= 1.0; \psi = 100; \alpha_\chi = 1.3; \alpha_\omega = 1.5; \\
 \mu_p &= 0.05; p \geq 0; t \geq 0; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m},
 \end{aligned} \tag{7}$$

где p – монетарный фактор, EURO;

t – временной фактор, месяц;

n – количество периодов повторного применения мотивационных политик;

ψ – масштаб предельной значимости мотивационной валентности для составляющих компенсационного пакета при репрезентативном опросе, принятый равным 100 баллам;

μ_p – мультипликатор мотивационной транзитивности с фактором монетарной ценности составляющих компенсационного пакета;

$\mu_\chi(p)$ – мультипликатор возрастной транзитивности с монетарным фактором;

$\mu_\omega(p)$ – мультипликатор гендерного фактора и мотивационной льготы компенсационного пакета;

α_χ – коэффициент формы, равный 1,3 для мультипликатора мотивационной транзитивности с монетарным фактором $\mu_\tau(p)$;

α_ω – коэффициент формы, равный 1,5 для мультипликатора возрастной транзитивности с монетарным фактором $\mu_\omega(p)$;

λ – коэффициент масштаба, равный единице;

γ_χ – коэффициенты возрастных групп $\gamma_{\chi < 25} = -0.33$; $\gamma_{25 < \chi < 35} = -0.25$; $\gamma_{35 < \chi < 45} = 0.20$; $\gamma_{\chi > 45} = 0.40$;

γ_ω – коэффициент гендерных групп: женщины $\gamma_\omega^{women} = 0.15$ и мужчины $\gamma_\omega^{man} = 0.15$;

v_0 – количественная мера мотивационной валентности при $t = 0$;

$\mu_\tau(p)$ – коэффициент продолжительности сохранения (персистентности) мотивационной валентности, характеризующий интенсивность снижения ее уровня на временном лаге применения составляющих компенсационного пакета;

i_d – индекс-дефлятор, используемый для пересчета сводных показателей, выраженных в текущих ценах (т. е. в ценах на данный период), в цены базисного периода (т. е. цены года, принятого за базу отсчета). По данным статистики в 2021 году в Латвии индекс-дефлятор составил 1,11 инд. пункта [16], а по данным [17] накопленный индекс инфляции $i_d^{нак} = \sum i_d = 25.93$ инд. пункта в виде коэффициента 1,2593;

i_z – индекс социально-экономического благополучия (для оценки качества жизни в странах, который отражает степень значимости монетарного фактора для

мотивации работника при стимулировании труда работника). По данным Организации Объединенных Наций для Латвии он составляет 0,854 [18].

Аналитическая модель (7), базирующаяся на свойстве транзитивности и описывающая изменение мотивационной силы от монетарной стоимости и емкости составляющих компенсационного пакета открывает окно возможностей применения математических методов поиска вариантов наилучших решений при разработке политик мотивации корпоративного персонала.

Двух факторная мультипликативная модель и ее применение в формировании политик мотивации персонала службы логистики в условиях финансового ограничения на применение ресурса компенсационного пакета

Теория менеджмента управления персоналом рекомендует при разработке и применении компенсационного пакета для мотивации сотрудников предприятий, фирм и организаций выделить категории персонала, для которого будут разрабатываться разные системы компенсаций. Обычно выделяют основной, вспомогательный и обслуживающий персонал. Разделение на категории производится по отношению к конечному продукту предприятия, фирмы или организации [19, с. 279]:

- ❖ к основному персоналу относятся сотрудники, непосредственно занятые в процессе влияния на конечный результат деятельности;
- ❖ вспомогательный персонал обеспечивает деятельность основного;
- ❖ к обслуживающему персоналу относятся сотрудники, участвующие в управлении и обслуживании нужд организации: администрация, бухгалтерия и так далее.

Структура и содержание компенсационного пакета и принципы материальной компенсации для этих различных категорий персонала будут различными, ведь их вклад в конечный продукт разный. Инструментом для этого служит ранжирование персонала по обобщенному критерию внутрифирменной ценности соответствующей должности и группировка по категориям, для которых установлены тарифные разряды и разрядные коэффициенты. В итоге необходимо получить список должностей, которые иерархически упорядочены и отличаются друг от друга масштабом ответственности, важностью выполняемых функций, вкладом в достижение целей организации, требуемым уровнем квалификации, напряженностью труда. При этом классификация рабочих мест (должностей) завершается присвоением тарифных разрядов для каждой должности, а для обеспечения возможности личного роста сотрудника внутри одной должности необходимо предусмотреть вилку разрядов (обычно 3 – 4 ступени). Такая группировка персонала по категориям и соответствующие им тарифные разряды приведены в табл. 4 [19, с. 282].

Таблица 4

Категории персонала и должностей с соответствующими им разрядами

<i>Категории персонала</i>	<i>Должности</i>	<i>Разряды</i>
Руководство (топ-менеджеры)	<i>Генеральный директор</i>	15 – 16
	<i>Коммерческий директор</i>	15 – 16
Заместители	<i>Финансовый директор</i>	12 – 14
	<i>Зам. по производству</i>	12 – 14
	<i>Зам. по персоналу</i>	12 – 14
	<i>Зам. по продажам</i>	12 – 14
Средний управленческий персонал	<i>Начальники отделов</i>	10 – 12
	<i>Главный бухгалтер</i>	10 – 12

	<i>Зам. начальников отделов</i>	9 – 11
Специалисты	<i>Юрист</i>	8 – 10
	<i>Художник-модельер</i>	8 – 10
	<i>Специалист по рекламе</i>	8 – 10
	<i>Специалист по маркетингу</i>	8 – 10
	<i>Бухгалтер</i>	7 – 10
	<i>Экономист</i>	8 – 10
	<i>Программист</i>	8 – 10
Менеджеры	<i>Ведущий менеджер</i>	8 – 9
	<i>Старший менеджер</i>	7 – 8
	<i>Менеджер</i>	6 – 7
	<i>Офис-менеджер</i>	6 – 8
Младший персонал	<i>Помощник менеджера</i>	3 – 5
	<i>Оператор</i>	3 – 5
	<i>Диспетчер</i>	3 – 5
Обслуживающий персонал	<i>Водитель-экспедитор</i>	4 – 6
	<i>Подсобный рабочий</i>	1 – 2
	<i>Курьер</i>	1 – 2
	<i>Уборщица</i>	1

Источник: [19]

В соответствии классификация рабочих мест (должностей) для каждого тарифного разряда установлен свой разрядный коэффициент, который используется для определения монетарной стоимости вознаграждения при мотивации персонала на базе ресурса компенсационного пакета. Соответствие тарифного разряда количественному значению разрядного коэффициента приведены в табл. 5.

Таблица 5

Разрядные коэффициенты для 16-разрядной тарифной сетки

<i>Тарифный разряд</i>	<i>Разрядный коэффициент</i>
16	8
15	7
14	6,5
13	6
12	5
11	4
10	3
9	2
8	1,6
7	1,3
6	1
5	0,9
4	0,8

3	0,7
2	0,6
1	0,25

Источник: [19]

Величина монетарной стоимости вознаграждения рассчитывается, по аналогии с определением базового оклада для всех категорий персонала организации, т.е. умножением денежной стоимости мотивационного стимула для самой низшей категории персонала p_0 на разрядный коэффициент соответствующей i -й должностной категории персонала для j -го сотрудника в составе структурного подразделения организации.

Принимая в качестве обозначения η_{ij} , как разрядный коэффициент соответствующей i -й должностной категории персонала для j -го сотрудника в составе структурного подразделения организации величина монетарной стоимости мотивационного вознаграждения рассчитывается по формуле [19, с.76]:

$$p_{ij} = \eta_{ij} \times p_0; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m_i} \quad (8)$$

где η_{ij} – разрядный коэффициент i -й должностной категории j -го сотрудника в составе структурного подразделения организации;

n – количество категорий персонала организации;

m_i – количество сотрудников соответствующих i -й должностной категории в структурном подразделении организации.

Тогда, учитывая, что тарифная сетка увязывает должностной статус персонала организации с тарифным коэффициентом, значения которых не только большие, но и существенно меньше единицы, расчет монетарной стоимости мотивационного стимула базируется на аналитике относительных величин координации:

$$p_{ij} = \frac{p_0}{\eta_0} \cdot \eta_{ij} = \xi \cdot \eta_{ij}; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m_i} \quad (9)$$

где η_0 – тарифный коэффициент для наиболее низкой или высокой должностной категории;

$\xi_0 = \frac{p_0}{\eta_0}$ – приведенная к базовому тарифу монетарная величина мотивационного стимула.

Результирующая монетарная оценка реализуемой политики мотивации персонала организации P_Σ рассчитывается по формуле:

$$P_\Sigma = p_0 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij}. \quad (10)$$

Таким образом, аналитика формулы (8) представляет двух факторную мультипликативную модель, где сомножителями являются монетарный фактор « p » соотнесенный с составом компенсационного пакета и разрядный коэффициент « η », значение которого связано с должностной категорией персонала организации, организационная схема управления которой представлена на рис. 5, а возрастные и гендерные характеристики приведены в табл. 6



Рис. 5. Организационная схема управления службы логистики

Таблица 6

Характеристика персонала службы логистики

Должность	Характеристики			
	Возраст, лет	Пол	Мотивационный тип	η_{ij}
Начальник службы логистики	46	муж.	Патриотический	$\eta_{11} = 3,0$
Заведующий складом	41	жен.	Хозяйский	$\eta_{12} = 2,0$
Менеджер прогнозирования спроса и связи с центрами распределения	28	муж.	Профессиональный	$\eta_{21} = 1,3$
Менеджер по снабжению	34	жен.	Профессиональный	$\eta_{22} = 1,3$
Кладовщик	43	жен.	Инструментальный	$\eta_{23} = 1,0$
Технический работник	35	муж.	Инструментальный	$\eta_{31} = 0,9$
Автомеханик	39	муж.	Инструментальный	$\eta_{32} = 0,9$
Водитель-экспедитор	30	муж.	Инструментальный	$\eta_{41} = 0,8$
Водитель-экспедитор	44	муж.	Инструментальный	$\eta_{42} = 0,8$
Водитель-экспедитор	51	муж.	Инструментальный	$\eta_{43} = 0,8$
Подсобный рабочий	29	муж.	Люмпенизированный	$\eta_{44} = 0,6$
Подсобный рабочий	24	муж.	Люмпенизированный	$\eta_{45} = 0,6$

Источник: [19]

Однако, данная аналитика не применима в условиях наличия финансового ограничения на ресурсную базу компенсационного пакета, так как исходным условием является расчет монетарного ресурса на мотивацию персонала ограничено только

начальной стоимостью затрат на стимул для ее самой низшей категории. Тогда, учитывая, что согласно принятым 01.01.2021 года изменениям в правилах Кабинета Министров Латвийской Республики № 656, установившие на 2021 год минимальный размер заработной платы $p_{min} = 500$ EUR и процент инвестиций на мотивацию составляет $\delta\% = 30\%$, при $\eta_0 = 0,6$ совокупный монетарный ресурс на мотивацию персонала службы логистики составит:

$$p_0 = p_{min} \times \frac{\delta\%}{100\%} = p_{min} \times \frac{30\%}{100\%} = 500 \times 0.30 = 150 \text{ EURO};$$

начальник службы логистики

$$p_{11} = \frac{p_0}{\eta_0} \times \eta_{11} = \xi_0 \times \eta_{11} = \frac{150}{0,6} \times 3,0 = 250 \times 3,0 = 750 \text{ EURO};$$

заведующий складом

$$p_{12} = \xi_0 \times \eta_{12} = 250 \times 2,0 = 500 \text{ EURO};$$

менеджер прогнозирования спроса и связи с центрами распределения

$$p_{21} = \xi_0 \times \eta_{21} = 250 \times 1,3 = 325 \text{ EURO};$$

менеджер по снабжению

$$p_{22} = \xi_0 \times \eta_{22} = 250 \times 1,3 = 325 \text{ EURO};$$

кладовщик

$$p_{23} = \xi_0 \times \eta_{23} = 250 \times 1,0 = 250 \text{ EURO};$$

технический работник

$$p_{31} = \xi_0 \times \eta_{31} = 250 \times 0,9 = 225 \text{ EURO};$$

автомеханик

$$p_{33} = \xi_0 \times \eta_{33} = 250 \times 0,9 = 225 \text{ EURO};$$

водитель-экспедитор

$$p_{41} = \xi_0 \times \eta_{41} = 250 \times 0,8 = 200 \text{ EURO};$$

водитель-экспедитор

$$p_{42} = \xi_0 \times \eta_{42} = 250 \times 0,8 = 200 \text{ EURO};$$

водитель-экспедитор

$$p_{43} = \xi_0 \times \eta_{43} = 250 \times 0,8 = 200 \text{ EURO};$$

подсобный рабочий

$$p_{44} = \xi_0 \times \eta_{44} = 250 \times 0,6 = 150 \text{ EURO};$$

$$P_{\Sigma} = 150 + (750 + 500 + 2 \times 325 + 250 + 2 \times 225 + 3 \times 200 + 150) = 3500 \text{ EURO}.$$

В условиях снижения коммерческой активности, вызванной коронавирусной пандемией, и связанных с этим падением объемов прибыли предприятий автотранспортной логистики по ЕС составил 40% [20] такие уровни инвестиций на мотивацию персонала организации неприемлемы.

Для учета монетарных ограничений при управлении ресурсной базой компенсационного пакета аналитика расчета стоимости j -го мотивационного стимула, применяемого к i -му должностному лицу организации, предполагает использование коэффициентов структуры φ_{ij} для тарифного распределение по мотивируемому персоналу. Аналитика расчета коэффициентов структуры φ_{ij} для тарифного распределение по мотивируемому персоналу описывается следующей формулой:

$$\varphi_{ij} = \frac{\eta_{ij}}{\sum_i \sum_j \eta_{ij}}. \quad (11)$$

Тогда, учитывая монетарное ограничение на процесс управления ресурсной базой компенсационного пакета P_{Σ} , аналитика расчета стоимости j -го мотивационного стимула для применяемого к i -му должностному лицу организации p_{ij} состоит в следующем [21, с. 111]:

$$\left. \begin{aligned} p_{ij} &= P_{\Sigma}^* \cdot \varphi_{ij}; \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \varphi_{ij} &= 1.0; \\ \varphi_{ij} &\geq 0; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m_i}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Корректность расчета монетарной стоимости стимулов p_{ij} проверяется используя следующее выражение [21, с.111]:

$$P_{\Sigma}^* = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij}. \quad (13)$$

Принимая в качестве финансового ограничения $P_{\Sigma} = 1000$ EURO, результаты расчета коэффициентов структуры и монетарного ресурса на стимулирование каждого отдельного сотрудника службы логистики представлены в табл. 7.

Таблица 7

Коэффициенты структуры и значения монетарного ресурса на стимулирование каждого отдельного сотрудника службы логистики

<i>Должность сотрудника службы логистики</i>	φ_{ij}	p_{ij} EURO
Начальник службы логистики	$\varphi_{11} = 0,210$	$p_{11} = 210$
Заведующий складом	$\varphi_{12} = 0,145$	$p_{12} = 145$
Менеджер прогнозирования спроса и связи с центрами распределения	$\varphi_{21} = 0,110$	$p_{21} = 110$
Менеджер по снабжению	$\varphi_{22} = 0,110$	$p_{22} = 110$
Кладовщик	$\varphi_{23} = 0,075$	$p_{23} = 75$
Технический работник	$\varphi_{31} = 0,060$	$p_{31} = 60$
Автомеханик	$\varphi_{32} = 0,060$	$p_{32} = 60$
Водитель-экспедитор	$\varphi_{41} = 0,050$	$p_{41} = 50$
Водитель-экспедитор	$\varphi_{42} = 0,050$	$p_{42} = 50$
Водитель-экспедитор	$\varphi_{43} = 0,050$	$p_{43} = 50$
Подсобный рабочий	$\varphi_{44} = 0,040$	$p_{44} = 40$
Подсобный рабочий	$\varphi_{45} = 0,040$	$p_{45} = 40$
Σ	1.0	1000

Источник: [21]

Ресурсная база и диапазон мотивационной значимости отдельных стимулов компенсационного пакета приведены в табл. 8.

Таблица 8

Содержание компенсационного пакета мотивации и диапазон мотивационной значимости отдельных стимулов

<i>Наименование стимулов компенсационного пакета</i>	<i>Диапазон мотивационной значимости отдельных стимулов, EURO</i>
Полис добровольного медицинского страхования	40 – 70
Полис стоматологии	150 – 200
Ценный подарок	30 – 150
Билет на культурные (спортивные) мероприятия	15 – 30
Туристическая путевка	200 – 300
Поощрительная командировка для повышения квалификации мероприятия	400 – 600
Абонемент членства в фитнес-клубе	40 – 80
Диплом	20 – 30
Годовая подписка на тематический журнал	30 – 40
Абонемент спортивного зала	40 – 120
Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур	70 – 250
Компенсация ежемесячных затрат на сотовую связь	50 – 120
Благодарность	10 – 20
Грамота	20 – 30
Памятный значок	30 – 50
Единовременная выплата на отдых в период отпуска	200 – 300
Передача части обыкновенных (голосующих) акций во владение	400 – 500
Участие в прибыли организации	500 – 1000

Источник: [21]

Тогда, с учетом рекомендаций по видовому применению мотивационных стимулов с учетом психотипов персонала организации, содержания компенсационного пакета и диапазонов мотивационной значимости отдельных стимулов осуществлена идентификация сопоставимости, монетарной составляющей стимулов компенсационного пакета с финансовым ресурсом обеспечения мотивации каждого отдельного сотрудника службы логистики. Полученные результаты представлены в табл. 9.

Таблица 9

Идентификация сопоставимости, монетарной составляющей стимулов компенсационного пакета с монетарным ресурсом обеспечения мотивации каждого отдельного сотрудника службы логистики в условиях ограничений по финансовому бюджету на стимулирование труда

<i>Должность (количество персонала)</i>	<i>Монетарный ресурс на стимулирование к труду, EURO</i>	<i>Виды стимулов и их монетарная ценность</i>	
		<i>Наименование</i>	<i>EURO</i>
Начальник службы логистики	210	<i>Туристическая путевка</i>	200 – 300
		<i>Единовременная выплата на отдых в период отпуска</i>	200 – 300
		<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	70 – 250
Заведующий складом	145	<i>Полис стоматологии</i>	100 – 250

		<i>Ценный подарок</i>	30 – 150
		<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	70 – 250
Менеджер прогнозирования спроса и связи с центрами распределения. Менеджер по снабжению	110	<i>Полис стоматологии</i>	100 – 250
		<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	70 – 250
		<i>Ценный подарок</i>	30 – 150
		<i>Абонемент спортивного зала</i>	40 – 120
		<i>Компенсация затрат на сотовую связь</i>	50 – 120
Кладовщик	75	<i>Ценный подарок</i>	30 – 150
		<i>Абонемент спортивного зала</i>	40 – 120
		<i>Абонемент членства в фитнес-клубе;</i>	40 – 80
		<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	70 – 250
Технический работник Автомеханик	60	<i>Ценный подарок</i>	30 – 150
		<i>Абонемент членства в фитнес-клубе;</i>	40 – 80
		<i>Абонемент спортивного зала</i>	40 – 120
		<i>Компенсация затрат на сотовую связь</i>	50 – 120
Водитель-экспедитор (3)	50	<i>Ценный подарок</i>	30 – 150
		<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>	40 – 80
		<i>Абонемент спортивного зала</i>	40 – 120
		<i>Компенсация затрат на сотовую связь</i>	50 – 120
Подсобный рабочий (2)	40	<i>Ценный подарок</i>	30 – 150
		<i>Абонемент спортивного зала</i>	40 – 120
		<i>Полис добровольного медицинского страхования</i>	40 – 70
		<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>	40 – 80

Источник: [21]

Как следует из содержания, представленных в табл. 9 монетарных соотношений для стимулов компенсационного пакета с монетарным ресурсом обеспечения мотивации каждого отдельного сотрудника службы логистики, мотивационная политика организации даже в условиях коронавирусного кризиса не ограничивается единственным решением и, следовательно, является многовариантной. Примеры таких вариантов представлены в табл. 10.

Таблица 10

Варианты политик мотивации персонала службы логистики при финансовом ограничении на ресурс компенсационного пакета

Должность	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Начальник службы логистики	<i>Туристическая путевка</i>	<i>Единовременная выплата на отдых в период отпуска</i>	<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>
Заведующий складом	<i>Ценный подарок</i>	<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	<i>Полис стоматологии</i>

Менеджер прогнозирования спроса и связи с центрами распределения	<i>Абонемент спортивного зала</i>	<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	<i>Ценный подарок</i>
Менеджер по снабжению	<i>Компенсация затрат на сотовую связь</i>	<i>Полис стоматологии</i>	<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>
Кладовщик	<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>	<i>Ценный подарок</i>	<i>Абонемент оздоровительного центра и СПА процедур</i>
Технический работник	<i>Ценный подарок</i>	<i>Абонемент спортивного зала</i>	<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>
Автомеханик	<i>Компенсация затрат на сотовую связь</i>	<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>	<i>Абонемент спортивного зала</i>
Водитель-экспедитор	<i>Абонемент спортивного зала</i>	<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>	<i>Абонемент спортивного зала</i>
Водитель-экспедитор	<i>Полис добровольного медицинского страхования</i>	<i>Ценный подарок</i>	<i>Ценный подарок</i>
Водитель-экспедитор	<i>ценный подарок</i>	<i>Полис добровольного медицинского страхования</i>	<i>Полис добровольного медицинского страхования</i>
Подсобный рабочий	<i>Абонемент спортивного зала</i>	<i>Ценный подарок</i>	<i>Абонемент спортивного зала</i>
Подсобный рабочий	<i>Абонемент членства в фитнес-клубе</i>	<i>Абонемент спортивного зала</i>	<i>Ценный подарок</i>

Источник: [21]

Для выявления наиболее предпочтительного варианта мотивации персонала службы логистики на базах данных по коэффициентам возрастных и гендерных групп, представленных в табл. 11 и табл. 12, а также рассчитанным значениям монетарных ресурсов на стимулирование каждого из сотрудников службы логистики и применяя аналитику (7), формализация которой реализована в алгоритмах и процедурах Microsoft Excel [21, с. 153-162], выполнены расчеты силы мотивационного воздействия и результаты в систематизированном виде представлены в табл. 13.

Таблица 11

База значений по коэффициентам возрастных групп персонала организации

<i>Условное обозначение коэффициента</i>	<i>Виды распределения по возрастным группам</i>			
	<i>до 25 лет</i>	<i>от 25 до 35 лет</i>	<i>от 35 до 45 лет</i>	<i>свыше 45 лет</i>
γ_x	-0,33	-0,25	0,20	0,40

Источник: [21]

Таблица 12

База значений по коэффициентам гендерных групп персонала организации

<i>Условное обозначение коэффициента</i>	<i>Виды распределения по возрастным группам</i>	
	<i>женщины</i>	<i>мужчины</i>
γ_{ω}	0,15	-0,15

Источник: [21]

Таблица 13

Сводные данные расчет силы мотивационного воздействия и характеристик персонала службы логистики

<i>Должностные категории</i>	<i>Возрастные и гендерные характеристики</i>		<i>Монетарная стоимость мотивационного стимула, EURO</i>	<i>Сила мотивирующего воздействия, балл</i>
	<i>лет</i>	<i>пол</i>		
Начальник службы логистики	46	муж.	210	0,26
Заведующий складом	41	жен.	145	0,22
Кладовщик	43	жен.	75	0,18
Менеджер прогнозирования спроса и связи с центрами распределения	28	муж.	110	0,17
Менеджер по снабжению	34	жен.	110	0,16
Технический работник	35	муж.	60	0,10
Автомеханик	39	муж.	60	0,09
Водитель-экспедитор	30	муж.	50	0,11
Водитель-экспедитор	44	муж.	50	0,11
Водитель-экспедитор	51	муж.	50	0,11
Подсобный рабочий	29	муж.	40	0,0
Подсобный рабочий	24	муж.	40	0,10
Всего в сумме:			1000	1,68

Источник: [21]

Таким образом, на момент стимулирования общая сила мотивирующего воздействия при ограниченных ресурсах на мотивацию персонала службы логистики составляет 1,68 балла. Однако с течением времени имеет место ее девальвация во времени, описываемая моделью следующего вида [15., с.89]:

$$G(t) = G_0 e^{-\sum \mu_{\tau} t}, \quad (14)$$

где G_0 – уровень суперпозиции сил мотивации, составляющих компенсационного пакета при $t = 0$;

μ_{τ} – коэффициент персистентности (продолжительности сохранения) силы мотивации, применяемых для мотивации составляющих компенсационного пакета, характеризующий интенсивность снижения ее значимости во времени.

Динамика коэффициента долговременной сохраняемости μ_τ во взаимосвязи факторов возрастной принадлежности персонала и содержания стимулов компенсационного пакета представлены в табл. 14.

Таблица 14

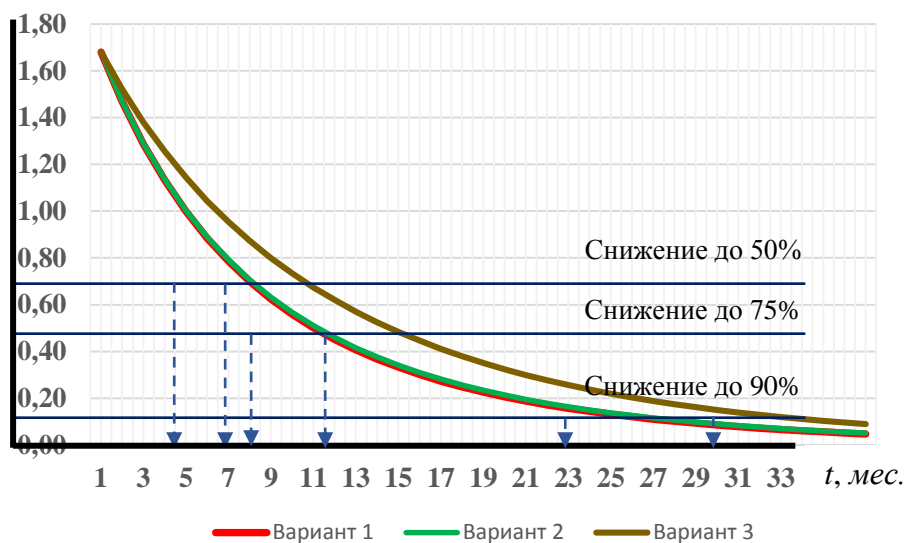
Количественные оценки коэффициента долговременной устойчивости силы мотивационного воздействия составляющих компенсационного пакета

Виды составляющих компенсационного пакета	Коэффициент μ_τ по возрастным группам			
	до 25 лет	25 – 35 лет	35 – 45 лет	более 45 лет
Страхование	0,0724	0,0667	0,0632	0,0585
Денежные ссуды	0,1075	0,1009	0,0995	0,1498
Компенсация расходов на обучение	0,0741	0,0697	0,0702	0,0672
Питание на предприятии (фирме)	0,0822	0,0876	0,0845	0,0684
Предоставление автомобиля	0,0774	0,0779	0,0778	0,1082
Компенсация трат проезда в общественном транспорте	0,0723	0,0905	0,0874	0,0736
Компенсация трат на отдых в отпуске	0,1093	0,1545	0,1157	0,1958
Компенсация трат на медицинское обслуживание, больницу и операции	0,0794	0,0798	0,0782	0,0658
Компенсация трат на коммунальные услуги	0,0776	0,0806	0,0735	0,0678
Объявление благодарности в приказе	0,2526	0,3634	0,4419	0,3026
Занесение в книгу истории организации	0,2370	0,3304	0,3366	0,2305
Занесение на доску почета организации	0,2633	0,2976	0,4244	0,2155
Награждение памятным значком	0,2569	0,3508	0,4726	0,3292
Награждение грамотой	0,2685	0,3285	0,4696	0,2675
Награждение ценным подарком	0,1381	0,1760	0,2193	0,1693
Привлечение средств персонала под проценты	0,1712	0,1931	0,1590	0,1783
Предоставление отгулов, дополнительных отпусков	0,1054	0,1200	0,1137	0,1078
Моральные поощрения	0,1790	0,1723	0,2623	0,1286
Предоставление форменной одежды	0,1231	0,1218	0,1257	0,1157
Компенсация трат на сотовую связь (стационарная, мобильная, Интернет)	0,0711	0,0798	0,0821	0,0963
Долевое участие персонала в прибыли	0,1085	0,1028	0,1152	0,1097
Продажа акций компании	0,1619	0,1886	0,1391	0,2287
Компенсация трат на содержания детей в дошкольных учреждениях	0,0762	0,0810	0,0809	0,0805
Компенсация трат на услуги спортивных и оздоровительных центров	0,090	0,088	0,086	0,063

Источник: [21]

С учетом этой базы данных по коэффициенту долговременной сохраняемости μ_τ и рассчитанных значений величины монетарных инвестиций в стимулы компенсационного пакета построен график динамики силы мотивационного воздействия во времени для предлагаемых к применению вариантов использования ограниченного монетарного ресурса для стимулирования труда персонала службы логистики, который представлен на рис.6.

$G(t)$, баллы



Источник: [21]

Рис. 6. Динамика силы мотивации во времени для различных вариантов стимулирования к труду персонала службы логистики

Как следует из анализа графиков, представленных на рис. 6, наиболее устойчивым по динамике долговременной сохраняемости является вариант 3, для которого снижение силы мотивационного воздействия до 50% наступает через 10 месяцев, а до 75% через 15 месяцев. В то время, как для политик мотивации по варианту 1 варианту 2 снижение силы мотивационного воздействия до уровня в 50% наступает, соответственно, через 8 месяцев, а до уровня в 75% практически по истечению года. Разрыв в показателях между третьим и другими рекомендуемыми вариантами политик мотивации увеличивается, если рассматривать уровни снижения силы мотивирующего воздействия до 90%.

Выводы

Рассмотренные в работе результаты исследований характеристик многофакторного влияния на мотивацию составляющих компенсационного пакета с учетом психотипов корпоративного персонала, а также представленная система аналитических моделей количественной оценки силы мотивации могут служить результативным инструментарием для, во-первых, эффективной борьбы с кадровым голодом, повышения привлекательности компаний, предприятий и фирм, привлечения высоко квалифицированных работников и снижения текучести кадров, а также, возросшим пониманием того, что организации с «правильным» отношением к людям растут быстрее, в ближайшее время. Во-вторых, осознанием того, что современные условия требует постоянного совершенствования и расширения существующих видов и подходов к управлению мотивацией с учетом, как психотипов корпоративного персонала, постоянно изменяющейся структуры его потребностей персонала, так и финансовых ограничений на инвестирование в составляющие компенсационного пакета, обусловленных экономическими и иными деструктивными кризисными явлениями. В-третьих, предоставлением руководителям управленческого звена предприятий и организаций с простыми и мультифункциональными структурами управления аналитики количественной оценки силы мотивационного воздействия

применяемых к корпоративному персоналу мер, стимулирующих его к результативному труду.

Представленные в работе результаты исследований и анализа количественной меры силы мотивации льгот и стимулов, побуждающих работника к продуктивному труду, послужат источником необходимых знаний для студентов бакалавриата и магистратуры для разработки содержательной расчетно-графической части курсовых и выпускных квалификационных работ.

Список используемых информационных источников

1. Шадрина Л.Ю. Прогнозирование трудового поведения на основе мотивационного профиля — как специфической социальной технологии // Изв. Росс. гос. пед. ун-та. 2010. № 124. [Электронный ресурс; Режим доступа: https://studref.com/364404/marketing/motivatsionnoeyadro_personala_organiz].
2. Смирнова, М.Ю. Современные технологии развития человеческих ресурсов организации на основе холистического менеджмента [Текст] / М.Ю. Смирнова // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. 2013. – № 3 (29). – с. 129-133.
3. Людський капітал як основне джерело економічного зростання /О. Бородина // Економіка України. – 2003. – № 7. – С. 48–53. [Электронный ресурс; Режим доступа: <http://www.konspekt.biz/index.php?text=1210>].
4. Бурыхин Б.С. Мотивационный потенциал: понятие, структура, направления развития. – Томск [Электронный ресурс; Режим доступа: http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/62557/1/Burykhin._424_426.pdf].
5. Павлов, Н.И. Основы управления персоналом в современных организациях [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Павлов, И.А. Спиридонов, С.В. Федоров: под ред. Н.И. Павлова. – М.: Высшая школа, 2013. – 239 с.
6. Платонов, С.М. Демотивация персонала организации: сущность и понятия [Текст] / С.М. Платонов. – М.: Менеджмент, 4-е изд. – 2012. – 210 с.
7. Озерникова Т. Г. Системы мотивации и стимулирования трудовой деятельности: учеб. пособие / Т. Г. Озерникова. – Иркутск: Изд-во БГУ, 2016. – 183 с.
8. Родионова Е.А. Психология мотивации и стимулирования персонала // Психологическое обеспечение профессиональной деятельности: теория и практика / Под ред. проф. Г.С. Никифорова. – СПб.: Речь, 2010. - с. 289-341.
9. Управление персоналом: работник - самый эффективный ресурс компании: Учебное пособие / В.И. Герчиков. - М.: ИНФРА-М, 2012. – 282 с.
10. Панкевич А.А., Степанов А.С. Исследование свойств транзитивности и количественная оценка силы мотивирующего воздействия бенефитов социального пакета в распределительных задачах с применением математических методов пошаговой оптимизации. – Рига: IV международная научно - практическая конференция Транспортные Системы, Логистика и инженерия, 2016. – 155,...,177 с.
11. Панкевич А.А., Степанов А.С. Оптимизация суперпозиции сил мотивирующего воздействия бенефитов в составе социального пакета стимулирования трудовой деятельности методом динамического программирования. – Рига: V международная научно - практическая конференция Транспорт. Образование. Логистика и инженерия, 2018. – 127,...,150 с.
12. Компенсационный пакет и мотивация / Развернутое исследование влияния составляющих компенсационного пакета на мотивацию персонала // Центр маркетинговых и социологических исследований Кадрового Дома "Супер Джоб",

- 2005, – с. 84. [Электронный ресурс; Режим доступа <https://public.superjob.ru/research/download/compens.pdf>].
13. Шмойлова Р.А., Минашкин В.Г., Садовникова Н.А. и др. Теория статистики: Учебник / Под ред. проф. Р.А. Шмойловой. – М.: Финансы и статистика, 2014. – 656 с.
14. Гринглаз Л.Я., Копытов Е.А. Математическая статистика с примерами решения задач на компьютере: Учебное пособие. - Рига, ВШЕК, 2009. – 357 с.
15. Панкевич А.А., Степанов А.С. Управление компенсационным ресурсом мотивационного ядра корпоративного персонала. – Рига: Рижский институт аэронавигации (RAI), 2020. – 142 с. – ISBN 978-9934-8768-1-3. – ISBN 978-9934-8768-2-0 (английский). – ISBN 978-9934-8768-3-7 (латышский).
16. Индексы и индикаторы человеческого развития: Обновленные статистические данные Организации Объединенных наций за 2019 год. – [hdr_2019_overview_-_russian.pdf](https://hdr2019.overview.org/data-table/hdr2019-overview-russian).
17. Дефлятор ВВП Латвии 2020-2021. – <https://take-profit.org/statistics/gdp-deflator/latvia/>.
18. Дефлятор ВВП Латвии 2011-2021. – knoema.ru/atlas/Латвия/topics/Экономика/Инфляция-и-Цены/Дефлятор-ВВП-индекс.
19. Модели и методы управления персоналом: Российско-британское учебное пособие / Под ред. Е.Б. Моргунова (Серия «Библиотека журнала «Управление персоналом»»)[Электронный ресурс]. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез»», 20. – 464 с. – ISBN 5-87057-267-3. – Текст: электронный // StudFiles сайт: <https://studfile.net/preview/1098826/>.
20. Логистические тренды 2020-2021 года: влияние пандемии СЦVID-19. – <https://www.retail.ru/articles/logisticheskie-trendy-2020-2021-goda-vliyanie-pandemii-covid-19>
21. Панкевич А.А., Степанов А.С., Степанов М.А. Менеджмент компенсационного ресурса мотивации персонала / Под ред. А.С. Степанова. – Рига: Рижский институт аэронавигации, 2021. – 242 с. – ISBN 978-9934-8768-5-1. – ISBN 978-9934-8768-4-4 (английский). – ISBN 978-9934-8768-5-1 (латышский).

УСТОЙЧИВОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Диана Жуковская

Рижский Институт Аэронавигации

Zhukovskaya_d@list.ru

Abstract

The paper examines the impact of exhaustive gases on the environment, and suggests renewable energy sources. Exhaustive gases are air pollution.

A hybrid engine uses hydrogen as fuel. The most important advantage of this type of fuel is that after burning the fuel mixture, only water vapor is formed at the outlet. A vehicle running on this type of fuel does not harm the environment.

Conclusion: One of the main environmental problems today is the depletion of atmospheric oxygen. Hydrogen fuel is one possible solution of this problem. The use of this energy source will help to prevent global warming and disaster.

Аннотация

В работе рассматривается воздействие выхлопных газов на экологию, и предлагается использование возобновляемых источников энергии на транспорте.

Цель работы: предложить вариант удовлетворения основных потребностей человека в транспортной среде с наиболее минимальным негативным влиянием на экосферу.

Выхлопные газы являются источником загрязнения воздуха и оказывают неблагоприятное влияние на экологию и здоровье человека.

Гибридный двигатель-это двигатель, который использует в качестве топлива водород. Самое главное преимущество данного вида топлива, заключается в том, что после сжигания топливной смеси на выходе образуется только пар воды. Транспортное средство, работающее на данном виде топлива, не наносит вред окружающей среде.

Одна из главных экологических проблем на сегодняшний день-истощение атмосферного кислорода. Водородное топливо одно из решений этой проблемы. Использование данного источника энергии поможет предотвратить глобальное потепление и катастрофу.

Ключевые слова: Выхлопные газы, экология, здоровье человека, водородный двигатель.

Введение

Каждый из нас хоть раз задумывался о том, как, повышенный уровень шума, выброс тепла, радиоактивных и химических веществ и соединений влияет на экологию. Но редко кто задумывался, как это отражается в первую очередь на нас самих - людей.

Для понимания, я сначала покажу в данной работе, в каких масштабах происходит загрязнение экологии из-за выхлопных газов и транспортировки топлива, и затем выдвину предложение по альтернативному источнику энергии в транспортном секторе.

Актуальность исследования заключается в том, что негативные факторы отражаются и влияют на состояние и здоровье людей.

Цель работы: предложить вариант удовлетворения основных потребностей человека в транспортной среде с наиболее минимальным негативным влиянием на экосферу.

Задачи работы: изучить информацию, провести исследование и проанализировать влияние транспортного сектора на экологию.

Объект исследования: Транспортный сектор

Гипотеза работы: Водородное топливо для транспорта оказывает нейтральное воздействие на экологию, и удовлетворяет потребности человека.

Автор исследования делает акценты на:

- 1.Простоте изложения текста и стремление к ясности;
- 2.Анализ влияния выхлопных газов на окружающую среду;
- 3.Изучение водородного топлива, выявление преимуществ и недостатков.

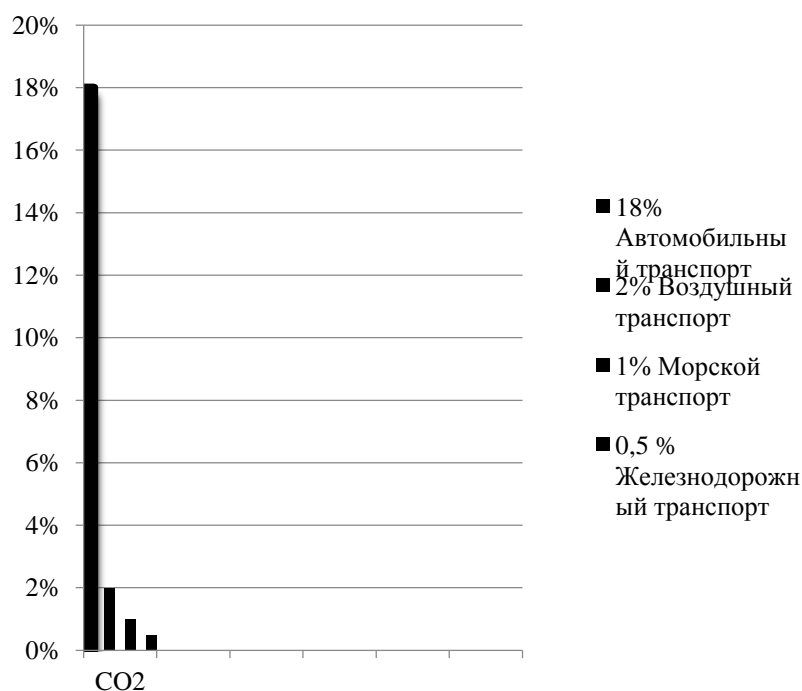
Материалы и методы

Методы исследования: анализ литературы, статистики, сравнение, аналогия, измерение, эксперимент.

Характеристика основных источников получения информации: литература (энциклопедии), Интернет, научные статьи и публикации.

Результаты и дискуссия

Рассмотрим автомобильный транспорт. Он самый распространённый вид транспорта и актуален для каждого из нас, являющийся основным источником загрязнения воздуха и оказывая наибольшее неблагоприятное влияние на экологию и здоровье человека.



Источник: [2]

Рис.1 Выбросы углекислого газа разными видами транспорта

Исходя из графика, мы видим, что больше всего выбросов выхлопных газов происходит от автомобильного транспорта. Так же, выхлопы автотранспорта — это источник поступающей в атмосферу Земли пыли. Мелкодисперсная пыль наиболее опасна, так как именно она оседает в бронхах и при длительном вдыхании приводит к возникновению заболеваний.

В среднем, легковой автомобиль сжигает около 10 литров топлива ежедневно. При расходовании такого количества бензина каждая машина выпускает примерно 4,5 кг углекислого газа ежедневно. Во всём мире каждый день выезжает около 500 миллионов автомобилей.

Автором был проведен небольшой эксперимент в Риге на улице Калнциема 9в. С 13:00 до 13:05 проехало, по моим подсчётам, 106 машин 5 автобусов и 8 грузовиков. И это только за 5 минут.

По словам специалистов, объём мировых выбросов углекислого газа достиг эквивалента 10 миллиардов тонн, из которых 8,5 миллиарда тонн возникает за счет сжигания топлива. Один из существенных недостатков, это отходы авто транспортных предприятий-нефтепродукты. Они создают неблагоприятное воздействие на природу при попадании в почву или воду.

Основным сырьевым источником для производства топлива является нефть. Добыча данной жидкости, к сожалению, не всегда остаётся бесследной. Существует теория и о том, что участвовавшие в последнее время землетрясения и цунами вызваны из-за пустот, которые образуются под землей в связи с выкачиванием нефти.

Интересный факт: одна капля нефти делает непригодным для питья 25 литров воды.

Автором были проведены несколько экспериментов. Вместо нефти использовала машинное масло и мазут. Эксперимент 1: Вода и нефть. Масло выливается в емкость с водой и размешивается. Нефть не растворяется в воде, она образует пленку, которую можно убрать, например, салфеткой. Вывод: если случится утечка нефти в море во время ее транспортировки, убрать ее можно только при помощи специальной техники.

Эксперимент 2: Перо и нефть. Я опустила перо в машинное масло на несколько секунд и затем постаралась его очистить, но мне это удалось сделать не быстро. Вывод: нефть обволакивает перья птиц и без оказания посторонней помощи они погибают.

Нужно учиться использовать энергию солнца и ветра, так как запасы нефти не вечны и ее добыча небезопасна.

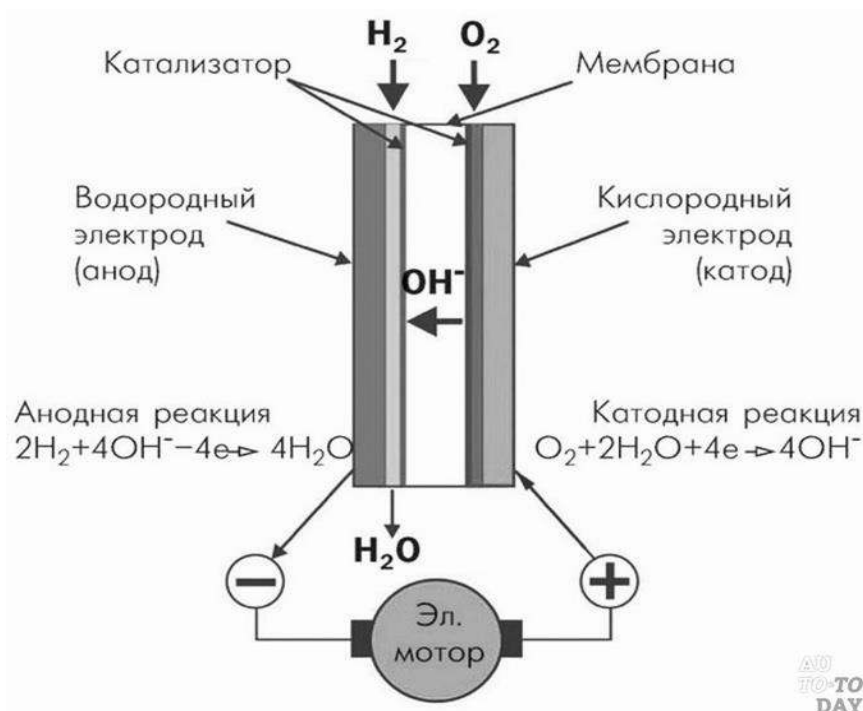
Альтернатива.

Для полноценного функционирования транспорта нужна энергия. Энергия может быть возобновляемой, используя традиционные источники энергии. Возобновляемые источники энергии - это источники, на основе постоянно пополняемых или неисчерпаемых потоков энергии за счёт естественных процессов в течение человеческой жизни.

Изучив и проанализировав ситуацию на сегодняшний день, существуют различные возобновляемые источники энергии. В последнее время набирает популярность электромобили. Данное использование энергии считается более экологичным, чем бензиновое топливо. Автором было решено уделить большее внимание водородной энергетике.

Водород-это самый распространенный химический элемент во вселенной. Водородный транспорт-это транспортное средство на гибридном двигателе, которое использует в качестве топлива водород. Данный вид двигателя эксплуатируется так же на водном, железнодорожном и авиационном транспорте. Использование этого источника энергии поможет предотвратить глобальное потепление и стихийные бедствия. Для получения водорода используют химические методы. В течение реакции, которая происходит в электрическом генераторе, образования воды из водорода и воздуха выделяется энергия, которую можно использовать в качестве электричества. Топливный бак автомобиля заправляют сжатым водородом. Сжатый водород-это

газообразное состояние, при котором водород содержится под давлением для увеличения плотности хранения.



Источник: [5]

Рис.2 Принцип работы водородного двигателя

Для хранения газообразного водорода применяют газгольдеры- это естественные подземные хранилища. Самое главное преимущество данного вида топлива, заключается в том, что после сжигания топливной смеси на выходе образуется только пар воды и соответственно в окружающую среду попадает только вода. В случае пробоя, во время хранения газообразного вещества, водород испаряется. Водород нетоксичен и не может загрязнять почву, атмосферу или людей. Данный вид двигателя позволит снизить уровень шума. Все водородные двигатели работают практически бесшумно. Кроме положительных экологических показателей данного двигателя, есть так же другие преимущества. Снижение расходов топлива и большее увеличение мощности двигателя, за счёт полного сгорания топлива.

Если сравнивать гибридные автомобили с электромобилями, то заправка электромобиля займёт ночь, а транспорта на водородные топлива 3-4 минуты. При этом дальность пробега составляет более 500 километров. Если автомобиль должен работать круглосуточно или перевозить грузы, этот вариант более выигрышный.

На данный момент уже существует два водородных поезда (Alstom Coradia LINT), которые уже отлично отработали свои первые 100 тысяч километров в Германии.

В 2013 году был представлен в Японии водородный гибридный автомобиль- Toyota Mirai. В 2015 году продажа началась в Европе. Существуют и другие водородные автомобили, такие как Honda Clarity, Ford Airstream, Mercedes-Benz GLC F-CELL, Pininfarina H2 Speed, Hyundai Nexa.

Сейчас насчитывается 127 водородных заправок и 45 в процессе разработке.



Источники: [6]

Рис.3 Страны имеющие заправки для гибридных двигателей 1 грамм водорода позволяет получить втрое больше энергии по сравнению с 1 г бензина.

Табл.4

Характеристика водорода и бензина

	Бензин	Водород
Воспламеняемость	Легко воспламеняется	Легко воспламеняется
Состояние при комнатной температуре и давлении	Жидкость	Газ
Энергия, выделяемая на кг топлива (МДж)	46	142

Источники: [3]

Цена с бензиновым топливом почти одинакова. Единственный недостаток - это цена на водородные автомобили. Водород оплачивается в килограммах. Цена за килограмм водорода на общественных заправочных станциях в Германии составляет 9,50 евро (брутто). Автомобиль на топливных элементах потребляет около одного килограмма водорода на 100 км, таким образом, затраты на топливо составляют 9,50 евро. Это означает, что затраты на топливо сопоставимы со средним бензиновым двигателем с расходом семь литров.

Вывод

Гипотеза подтвердилась. Гибридные автомобили не наносят вреда экологии и здоровью и удовлетворяют потребности человека. Транспорт важная составляющая каждого. От него никто не сможет отказаться в ближайшее время. Именно поэтому его использование должно быть безопасным для природы и человечества. Не всё топливо для транспорта нейтрально сказывается на здоровье человека и экологию. Нефть - нужное сырьё, но её добыча не безопасна и не вечна. Нужно использовать возобновляемые источники энергии для избежания печальных последствий.

Список используемых информационных источников

1. “Экологическая безопасность” Ю. С. Козлов, В. П. Меньшова, И. А. Святкин
2. <https://www.eea.europa.eu/>
3. <https://www.continental-automotive.com/>
4. “The Development of Electromobility in Poland and EU States as a Tool for Management of CO2 Emissions” Karol Tucki, Olga Orynycz*, Antoni Swic и Mateusz Mitora j-Wojtanek
5. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии” А.Б. Сухоцкий, В. Н. Фарафонов
6. <https://h2.live/en>