

ISSN 1814-5787

ҚАЗАҚ  
ҚАТЫНАС  
ЖОЛДАРЫ  
УНИВЕРСИТЕТІ



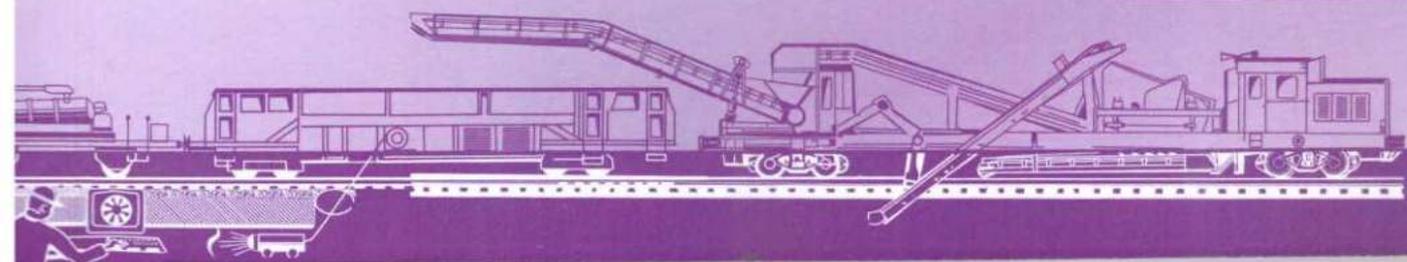
КАЗАХСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ  
СООБЩЕНИЯ

2022 №2(75)

# ҚАЗАҚСТАН ӨНДІРІС КӨЛІГІ



# ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ КАЗАХСТАНА



## КАЗАХСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

«Промышленный транспорт Казахстана»

Журнал издается с сентября 2004 года.

Выходит 4 раза в год.

Собственник-Учреждение «Казахский Университет путей Сообщения».

Адрес редакции:  
Республика Казахстан,  
050063, г. Алматы,  
мкр. Жетісу-1,  
дом 32А,  
тел. 8 -727-376-74-78,  
факс 8-727-376-74-81,  
E-mail: kups1@mail.kz

Журнал  
перерегистрирован в  
Министерстве  
информации и  
коммуникаций  
Республики Казахстан

Свидетельство  
№ 16163-Ж  
от 28.09.2016 г.  
Индекс 75133

Подписано в печать  
15.03.2022 г.  
тираж 500 экз.  
Зак. № 47.

Отпечатано  
ИП "Salem"  
г. Алматы,  
ул. Ратушного, 80  
т. 251 62 75

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

#### Главный редактор

**Омаров Амангельды Джумагалиевич** – д.т.н., профессор, действительный член Международных академий транспорта и информатизации, президент Казахского университета путей сообщения

#### Заместитель главного редактора

**Турдалиев Ауезхан Турдалиевич** – д.т.н., профессор

#### Ответственный секретарь

**Саржанов Тайжан Садыханович** – д.т.н., профессор

### РЕДАКЦИОННО-АВТОРСКИЙ СОВЕТ

**Аманова Маржан Валиевна** – к.т.н., PhD, доцент (Республика Казахстан)

**Апатцев Владимир Иванович** – д.т.н., профессор РУТ (МИИТ) (г. Москва, РФ)

**Ахметов Данияр Акбулатович** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

**Гоголь Александр Александрович** – д.т.н., профессор СПбГУТК им. Бонч-Бруевича (г. Санкт-Петербург, РФ)

**Имашева Гульнар Махмутовна** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

**Карпущенко Николай Иванович** – д.т.н., профессор СибГУПС (г. Новосибирск, РФ)

**Каспакбаев Кабдил Султанович** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

**Кононова Наталья Петровна** – к.э.н., профессор, ректор ОмРИ (г. Омск, РФ)

**Лакно Валерий Анатольевич** – д.т.н., профессор НУБиПУ (г. Киев, Украина)

**Муратов Абил Муратович** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

**Мусаева Гульмира Сериковна** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

**Оралбекова Аяулым Оралбековна** – PhD, ассоц. профессор (Республика Казахстан)

**Старых Ольга Владимировна** – директор ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» (г. Москва, РФ)

**Султангазинов Сулеймен Казиманович** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

**Шалкараров Абдиашим Абжаппарович** – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

## МАЗМҰНЫ

ОМАРОВ А.Ж., АБДУЖАБАРОВ А.Х., ОМАРОВА Г.А. Дөңгелекпен әрекеттесу кезінде рельстің басындағы кернеулерді есептеу мәселелері.....	5
АҚШОЛАҚОВ Қ.Ж., ШӘРІПХАНОВ С.Д., МАҚАРОВ Е.Л. Жабдықталмаған орындарда әскери техниканы тиеудің және түсірудің көпфункционалы қосалқы кешені.....	16
БАЯХМЕТОВА А.Т., САРЖАНОВ Т.С., МУСАЕВА Г.С. Ғылымға инвестицияның деңгейге әсері мәселелері елдің дамуы.....	26
БАУЫРЖАНОВ Қ. «Алматы Халықаралық әуежайы» АҚ Қызметінің мысалында азаматтық авиация субъектілерінің өзара іс-қимылы.....	35
ПЕРЕВЕРТОВ В.П., ЧЕРТЫКОВЦЕВА Н.В., ӘБІЛҚАСЫМОВ М.М., АҚАЕВА М.О. Дизельді тепловозды салқындату жүйесінің жұмыс режимдерін оңтайландырудың диагностикалық жүйесі.....	46
ОРАЛБЕКОВА А.О., ЕРКЕЛДЕСОВА Г.Т., ШАГИАХМЕТОВ Д.Р. Локомотивтік қауіпсіздік құрылғыларының жұмысын жетілдіру.....	56
ҚАЛИЕВ Е.Б., КОЗБАГАРОВ Р.А., БАЗАРҒАЛИЕВ А.А., БЕКЕТОВ Т.С., КАМБАРОВА З.Н. Төменгі жүк түсіретін автосамосвалды қолдана отырып, асфальтбетон жабындарын салудың перспективалық технологиялары.....	67
КЕМЕЛБЕКОВ Б.Ж., ОМАРОВА Б.А., ОМАРОВА Г.А. Талшықты-оптикалық кабельдердің механикалық сипаттамалары мен пайдалану сенімділігін зерттеу.....	76
ИБРАГИМОВ О.А., ҚҰРМАНОВА Ш.К., ЛЕЩЕНКО А. Темірбетон конструкциялары элементтерінің беріктігі мен көлденең деформациясы тұрғысынан сейсмикалық сипаттамалардың әсерін бағалау.....	91
АСТАХОВ В.Н., ВОЛКОВ А.С. Украинаның теміржол көлігінің технологиялық байланыс желілерін дамыту перспективалары.....	106
СҮЛТАНҒАЗИНОВ С.К., ҚАЙРАНОВ М.Ж., МАЙЛЫБАЕВ Е.М. Логикалық жобалау теориясының негіздері сандық құрылғылар.....	112
МИХАЙЛОВ П.Г., ЖҰБАНДЫҚОВА Ж.У., ТҮКІБАЙ А.А. Жер құрылысына геоэкологиялық зерттеулер жүргізу тәсілдері.....	123
БУЛАТБАЕВ Н. Төлемді есептеудің инновациялық тетігі коммуналдық қызметтерге.....	129
ИЗТЕЛЕУОВА М.С., ШАКМАНОВА С.С., ҚҰЛМАҒАМБЕТОВА Ж.Д., ЕСКОЖАНОВА Н.Г. Кәсіпорынның сатып алу қызметіндегі тиімділіктің теңгерімді көрсеткіштері жүйесінің рөлі.....	139
КЕМЕЛБЕКОВ Б.Ж., БАЙМОЛДИН Г.А., ЖАҢАБАЕВ Д.М. Қолдану арқылы қызмет көрсету жылдамдығын анықтау жаппай қызмет көрсету теориялары.....	147
ЗАМАНБЕКОВ Ш. Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық саясаты машина жасауды тұрақты дамыту мен жаңғыртудың негізі ретінде.....	152

## СОДЕРЖАНИЕ

ОМАРОВ А.Д., АБДУЖАБАРОВ А.Х., ОМАРОВА Г.А. Вопросы расчета напряжений в головке рельса при взаимодействии его с колесом.....	5
АКШУЛАКОВ К.Ж., ШАРИПХАНОВ С.Д., МАКАРОВ Е.Л. Многофункциональный вспомогательный комплекс погрузки и выгрузки военной техники в необорудованных местах.....	16
БАЯХМЕТОВА А.Т., САРЖАНОВ Т.С., МУСАЕВА Г.С. Вопросы влияния инвестиции в науку на уровень развития страны.....	26
БАУРЖАНОВ К. Взаимодействие субъектов гражданской авиации на примере деятельности АО «Международный аэропорт Алматы».....	35
ПЕРЕВЕРТОВ В.П., ЧЕРТЫКОВЦЕВА Н.В., АБУЛКАСИМОВ М.М., АКАЕВА М.О. Диагностическая система оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза.....	46
ОРАЛБЕКОВА А.О., ЕРКЕЛДЕСОВА Г.Т., ШАГИАХМЕТОВ Д.Р. Совершенствование работы локомотивных устройств безопасности.....	56
КАЛИЕВ Е.Б., КОЗБАГАРОВ Р.А., БАЗАРГАЛИЕВ А.А., БЕКЕТОВ Т.С., КАМБАРОВА З.Н. Перспективные технологии строительства асфальтобетонных покрытий с применением автосамосвала с донной разгрузкой.....	67
КЕМЕЛЬБЕКОВ Б.Ж., ОМАРОВА Б.А., ОМАРОВА Г.А. Исследование механических характеристик и эксплуатационной надежности волоконно-оптических кабелей.....	76
ИБРАГИМОВ О.А., КУРМАНОВА Ш.К., ЛЕЩЕНКО А. Оценка влияния сейсмических характеристик с точки зрения прочности и поперечной деформируемости элементов железобетонных конструкций.....	91
АСТАХОВ В.Н., ВОЛКОВ А.С. Перспективы развития сетей технологической связи железнодорожного транспорта Украины.....	106
СУЛТАНГАЗИНОВ С.К., КАЙРАНОВ М.Ж., МАЙЛЫБАЕВ Е.М. Основы теории логического проектирования цифровых устройств.....	112
МИХАЙЛОВ П.Г., ЖУБАНДЫКОВА Ж.У., ТУКИБАЙ А.А. Подходы к проведению геоэкологических исследований строения земли.....	123
БУЛАТБАЕВ Н. Инновационный механизм расчета платежа на коммунальные услуги.....	129
ИЗТЕЛЕУОВА М.С., ШАКМАНОВА С.С., КУЛМАГАМБЕТОВА Ж.Д., ЕСКОЖАНОВА Н.Г. Роль системы сбалансированных показателей эффективности в закупочной деятельности предприятия.....	139
КЕМЕЛЬБЕКОВ Б.Ж., БАЙМОЛДИН Г.А., ЖАНАБАЕВ Д.М. Определение скорости обслуживания с применением теории массового обслуживания.....	147
ЗАМАНБЕКОВ Ш. Индустриально-инновационная политика Республики Казахстан как основа устойчивого развития и модернизации машиностроения.....	152

## CONTENTS

OMAROV A.D., ABDUZHABAROV A.Kh., OMAROVA G.A. Issues of calculating the stresses in the rail head during its interaction with the wheel.....	5
AKSHULAKOV K.Zh., SHARIPKHANOV S.D., MAKAROV E.L. Multifunctional support complex for loading and unloading military equipment in unequipped areas.....	16
BAYAKHMETOVA A.T., SARZHANOV T.S., MUSAYEVA G.S. Questions of the impact of investment in science on the level of development of the country.....	26
BAURZHANOV K. Interaction of subjects of civil aviation on the example of JSC "International airport Almaty".....	35
PEREVERTOV V.P., CHERTYKOV TSEVA N.V., ABULKASIMOV M.M., AKAYEVA M.O. Diagnostic system for optimizing the operating modes of the diesel locomotive cooling system.....	46
ORALBEKOVA A.O., YERKELDESOVA G.T., SHAGIAKHMETOV D.R. Improving the operation of locomotive safety devices.....	56
KALIEV Y.B., KOZBAGAROV R.A., BAZARGALIYEV A.A., BEKETOV T.S., KAMBAROVA Z.N. Promising technologies for the construction of asphalt concrete pavements using a dump truck with bottom unloading.....	67
KEMELBEKOV B.Zh., OMAROVA B.A., OMAROVA G.A. Investigation of mechanical characteristics and operational reliability of fiber-optic cables.....	76
IBRAGIMOV O.A., KURMANOVA Sh.K., LESHCHENKO A. Assessment of the influence of seismic characteristics in terms of strength and transverse deformability of elements of reinforced concrete structures.....	91
ASTAKHOV V.N., VOLKOV A.S. Prospects for the development of technological communication networks of railway transport in Ukraine.....	106
SULTANGAZINOV S.K., KAIRANOV M.Zh., MAILYBAEV E.M. Fundamentals of the theory of logical design digital devices.....	112
MIKHAILOV P.G., ZHUBANDYKOVA Zh.U., TUKIBAI A.A. Approaches to conducting geocological studies of the structure of the earth.....	123
BULATBAYEV N. Innovative payment calculation mechanism for utilities.....	129
IZTELEUOVA M.S., SHAKMANOVA S.S., KULMAGAMBETOVA Zh.D., ESKOZHANOVA N.G. The role of the system of balanced performance indicators in the procurement activities of the enterprise.....	139
KEMELBEKOV B.Zh., BAIMOLDIN G.A., ZHANABAEV D.M. Determination of the service speed using queuing theories.....	147
ZAMANBEKOV Sh. Industrial and innovative policy of the Republic of Kazakhstan as the basis of sustainable development and modernization of engineering.....	152

УДК 625.143.07

**ОМАРОВ А.Д.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**АБДУЖАБАРОВ А.Х.** – д.т.н., профессор (Республика Узбекистан, г. Ташкент, Ташкентский государственный транспортный университет)

**ОМАРОВА Г.А.** – к.э.н., PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## ВОПРОСЫ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЙ В ГОЛОВКЕ РЕЛЬСА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЕГО С КОЛЕСОМ

### *Аннотация*

*На основе решений Н.М. Беляева, Б.С. Ковальского, А. Лява определены компоненты тензора контактных напряжений для точек головки рельса при действии на нее сложной пространственной системы контактных сил.*

*Предложен способ уменьшения погрешностей, вызванных применением метода Герца - Беляева для точек контакта, удаленных от вертикальной оси симметрии рельса – введена так называемая сопровождающая декартова система координат. Компоненты тензора контактных напряжений, определяемые в этой системе, преобразуются как компоненты абсолютного ковариантного тензора ранга 2 к исходной системе координат, связанной с вертикальной осью симметрии рельса.*

**Ключевые слова:** *расчет напряжений, взаимодействие колеса и головки рельса, модуль упругости рельсовой стали, размеры контактной площадки, величина сближения, система координат.*

Теоретические методы определения сил взаимодействия пути и подвижного состава, их колебаний, а также возникающих при этом деформированно-напряженных состояний взаимодействующих элементов обычно используются при конструировании пути и экипажной части подвижного состава; при конструировании с их помощью обеспечивают необходимые уровни прочности и надежности подвижного состава, требования условий безопасности и плавности движения экипажей, их габаритной проходимости. Они позволяют выбрать допустимые и оптимальные условия эксплуатации, и прежде всего, допускаемые скорости движения поездов в различных эксплуатационных условиях (при заданных типах верхнего строения пути, плане линии, нормах устройства и содержания пути и подвижного состава и т.п.).

В рельсах при прохождении колес подвижного состава возникают напряжения от изгиба и кручения (так называемые основные нормальные напряжения), местные напряжения, обусловленные местным изгибом шейки и подошвы рельса под нагрузкой, концентрацией напряжений по контуру болтовых отверстий и различных выкружек рельса, и так называемые контактные напряжения в головке рельса, в зоне ее соприкосновения с колесом. Появление дефектов в рельсах связано с совместным действием всех этих видов напряжений. Однако удельный вес, значение и влияние разных видов напряжений на появление различных дефектов различно. Так, например, в появлении практически всех дефектов в головке рельсов решающую роль играют контактные напряжения. Некоторые дефекты под головкой и на шейке рельса определяются в наибольшей мере местными напряжениями, а на некоторые, например, поперечные изломы рельса, влияют основные напряжения.

Задача о контактировании колеса железнодорожного экипажа и рельса в общей постановке может быть представлена в следующем виде – пусть два тела, имеющие точку

геометрического касания, сжимаются силой  $Q$  (сила – трехмерный пространственный вектор). Заданы сила  $Q$ , коэффициенты упругости колеса и рельса, формы их поверхностей вблизи точки геометрического касания и расположение колеса и рельса относительно друг друга. Требуется определить напряжения в головке рельса. Для этого необходимо ввести координатную систему  $S_1$ , в которой удобно задавать координаты головки рельса. За начало координат выберем точку поверхности катания головки рельса, лежащую на оси симметрии его поперечного сечения. За плоскость  $XU$  примем плоскость, касательную к головке рельса в точке  $O$ . Ось  $X$  направим к внутренней грани головки, ось  $Y$  – вдоль рельса. Ось  $Z$  по нормали к плоскости  $XU$  внутрь рельса. Всем величинам, относящимся к колесу, присвоим индекс 1, к рельсу – 2. Колесо и головка рельса условно даны через их сечения плоскостью  $XZ$  на рисунке 1.

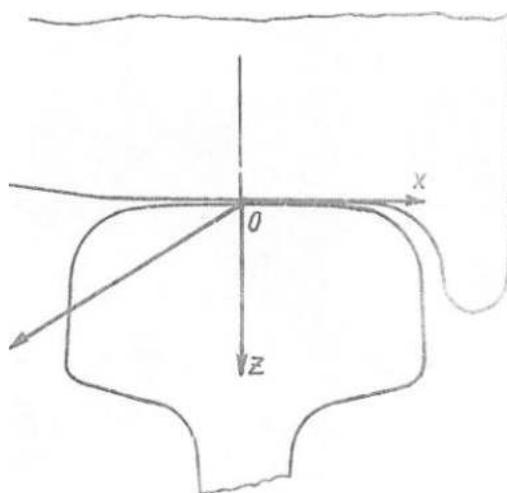


Рисунок 1 – Схема контактирования колеса и головки рельса

Рассмотрим вначале случай, когда сжимающей силой является сила  $P$ , направленная параллельно оси  $Z$ . Считая, что до деформации поверхности соприкасающихся тел вблизи точки касания могут быть представлены уравнениями вида

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= F_1(x, y) \\ Z_2 &= F_2(x, y) \end{aligned} \right\}$$

раскладывая  $F_1$  и  $F_2$  в ряд по возрастающим  $x$  и  $y$  и пренебрегая членами, имеющими степень выше второй  $m_0$ ;  $y_j$  получить следующее выражение:

$$Z_1 + Z_2 = Ax^2 + By^2. \quad (1)$$

Выражение (1) показывает, что все точки плоскости  $XU$ , которым соответствует одно и то же  $Z_1$  и  $Z_2$ , лежат на поверхности, ограниченной кривой, определяемой выражением (1). Герцем [1] было доказано, что уравнение (1) соответствует эллипсу. Зная главные кривизны колеса –  $K_{11}$  и  $K_{12}$  и рельса  $K_{21}$  и  $K_{22}$ , а также взаимное положение соприкасающихся тел – угол между осями  $QX_1$  и  $OX_2$  – угол  $\omega$ , можно для  $A$  и  $B$  получить следующие выражения:

$$A = \frac{K_{11} + K_{12} + (K_{11} - K_{12})\cos 2\omega_1 + (K_{21} - K_{22})\cos 2\omega_2 + K_{21} + K_{22}}{4};$$

$$B = \frac{K_{11} + K_{12} - (K_{11} - K_{12})\cos 2\omega_1 - (K_{21} - K_{22})\cos 2\omega_2 + K_{21} + K_{22}}{4};$$

$$\operatorname{tg} 2\omega_1 = -\frac{(K_{21} - K_{22})\sin 2\omega}{(K_{11} - K_{12}) + (K_{21} - K_{22})\cos 2\omega}$$

где  $\omega_2 = \omega_1 + \omega$

Обозначив полуоси контактного эллипса через  $a$  и  $b$ , причем условимся, что полуось  $a$  лежит на оси  $OX$ . Контактные давления по площадке касания распределяются по следующему закону

$$P(x, y) = P_0 \sqrt{1 - (x/a)^2 - (y/b)^2},$$

где  $P_0 = 3P/2\pi ab$  – давление в центре контактной площадки.

Полуоси контактного эллипса определяются с использованием следующих формул:

$$a = \sqrt[3]{\frac{3P(I_1 - I_2)(1 - \mu^2)}{AEe^2\pi}};$$

$$b = a\sqrt{1 - e^2};$$

$$I_1 = \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}};$$

$$I_2 = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} d\varphi.$$

Здесь  $E$  – модуль упругости рельсовой стали;

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$e$  – эксцентриситет контактного эллипса, который можно определить из соотношения:

$$\frac{A}{B} = \frac{(I_1 - I_2)(1 - e^2)}{I_1 - (1 - e^2)I_2}. \quad (2)$$

Кроме того, можно определить величину сближения двух контактирующих тел

$$\Theta = \frac{3P}{2} \cdot \frac{1 - \mu^2}{\pi E} \cdot I_1 \sqrt{\frac{e^2 \pi EA}{3(I_1 - I_2)(1 - \mu^2)P}}. \quad (3)$$

Таким образом, из вышеприведенных выражений видно, что размеры контактной площадки, давление в ее центре, закон распределения давления по площадке и величина

сближения определяются величиной сжимаемой силы, характеристиками металла, а также формой и взаимным расположением контактирующих тел.

Для того, чтобы определить напряжение в любой точке головки рельса в зоне действия распределенной по площадке контакта нагрузки, рассмотрим вначале так называемую задачу Буссиненска. Решение этой задачи дает возможность получить значения напряжений в любой точке упругого полупространства от действия на его границе сосредоточенной единичной силы  $\tilde{P}$ , приложенной в точке  $O_1$  границы полупространства с координатами  $(\tau, \gamma, 0)$  (рисунок 2), напряжения в точке  $M(x, y, z) - \tilde{\sigma}^{(1)}$  и  $\tilde{\tau}^{(1)}$  определяются из следующих выражений [2]

$$\begin{aligned} \tilde{\sigma}_x^{(1)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)^2 z}{R^5} + (1+2\mu) \left[ \frac{z^2 + Rz - R^2}{R^3(z+R)} + \frac{(x-\tau)^2(2R+z)}{R^3(z+R)^2} \right] \right\}; \\ \tilde{\sigma}_y^{(1)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(y-\gamma)^2 z}{R^5} + (1+2\mu) \left[ \frac{z^2 + Rz - R^2}{R^3(z+R)} + \frac{(y-\gamma)^2(2R+z)}{R^3(z+R)^2} \right] \right\}; \\ \tilde{\sigma}_z^{(1)} &= -\frac{3z^3}{2\pi R^5}; \\ \tilde{\tau}_{xy}^{(1)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)(y-\gamma)z}{R^5} + (1+2\mu) \left[ \frac{(x-\tau)(y-\gamma)(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right] \right\}; \\ \tilde{\tau}_{yz}^{(1)} &= -\frac{3}{2\pi} \cdot \frac{(y-\gamma)z^2}{R^5}; \\ \tilde{\tau}_{xz}^{(1)} &= -\frac{3}{2\pi} \cdot \frac{(x-\tau)z^2}{R^5}; \end{aligned} \tag{4}$$

где  $R = \sqrt{(x-\tau)^2 + (y-\gamma)^2 + z^2}$  – расстояние от точки  $M$  до точки  $O$ .

В работе Б.С. Ковальского [3] рассмотрено решение контактной задачи при действии на границе полупространства единичкой касательной силы. Принято, что распределение касательных нагрузок происходит также по эллиптическому закону и давления  $h$  и  $f$ , вызванные, соответственно, касательными силами  $H$  (поперечной) и  $F$  (продольной), пропорциональны нормальным давлениям, то есть

$$\frac{P}{H} = \frac{p}{h} = \frac{p_0}{h_0}; \quad \frac{P}{F} = \frac{p}{f} = \frac{p_0}{h_0}. \tag{5}$$

Выражение для напряжений в точке  $M(x, y, z)$  от действия единичной поперечной касательной силы  $\tilde{H}(\tilde{\sigma}^{(2)})$  и  $(\tilde{\sigma}^{(2)})$  и единичной продольной касательной силы  $\tilde{F}(\tilde{\sigma}^{(3)})$  и  $\tilde{\tau}^{(3)}$  имеют вид:

$$\begin{aligned}
 \tilde{\sigma}_x^{(2)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)^2}{R^5} + (1-2\mu) \left[ \frac{(x-\tau)}{R^3} + \frac{3(x-\tau)}{R(z+R)^2} + \frac{(x-\tau)^2}{R^2(R+z)^2} + \frac{1(x-\tau)^2}{R^2(R+z)^2} \right] \right\}; \\
 \tilde{\sigma}_y^{(2)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{(x-\tau)}{R^3} - \frac{(x-\tau)}{R(R+z)^2} + \frac{(x-\tau)^2(y-\gamma)^2}{R(z+R)^2} + \frac{2(x-\tau)(y-\gamma)^2}{R^2(z+R)^3} \right] \right\}; \\
 \tilde{\sigma}_z^{(2)} &= -\frac{3(y-\gamma)z^2}{2\pi R^5}; \\
 \tilde{\tau}_{xy}^{(2)} &= \frac{1}{\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{\gamma-h}{R(R+z)^2} + \frac{(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^3(R+z)^2} + \frac{2(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^2(R+z)^3} \right] \right\}; \\
 \tilde{\tau}_{yz}^{(2)} &= -\frac{3(x-\tau)(y-\gamma)z}{2\pi R^5}; \\
 \tilde{\tau}_{xz}^{(2)} &= -\frac{3}{2\pi} \cdot \frac{(x-\tau)^2 z}{R^5};
 \end{aligned} \tag{6}$$

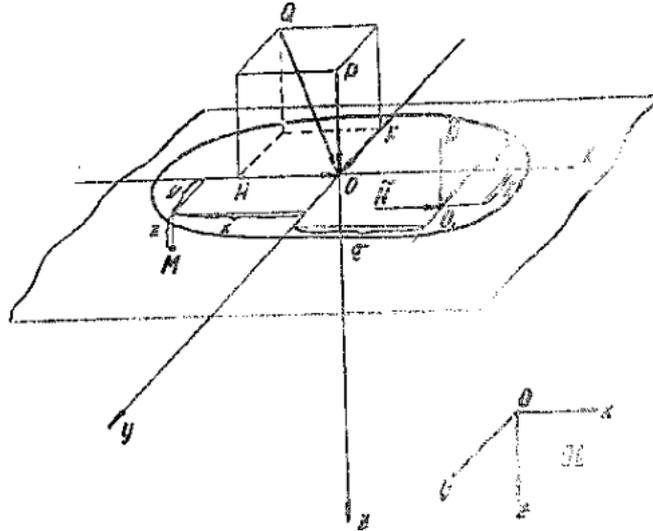


Рисунок 2 – Схема пространственных сил, действующих в контакте колеса и рельса

$$\begin{aligned}
 \tilde{\sigma}_x^{(3)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{(y-\gamma)}{R^3} - \frac{y-\gamma}{R(z+R)^2} + \frac{(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^3(R+z)^2} + \frac{2(x-\tau)^2(y-\gamma)}{R^2(R+z)^3} \right] \right\}; \\
 \tilde{\sigma}_y^{(3)} &= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{3(y-\gamma)^3}{R^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{(y-\gamma)}{R^3} - \frac{3(y-\gamma)}{R(R+z)^2} + \frac{(y-\gamma)^3}{R(z+R)^2} + \frac{2(y-\gamma)^3}{R^2(z+R)^3} \right] \right\}; \\
 \tilde{\sigma}_z^{(3)} &= -\frac{3(y-\gamma)z^2}{2\pi R^5};
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}\tilde{\tau}_{xy}^{(3)} &= \frac{1}{\pi} \left\{ -\frac{3(x-\tau)(y-\gamma)^2}{R^5} - (1-2\mu) \left[ \frac{\tau-x}{R(R+z)^2} + \frac{2(x-\tau)(y-\gamma)^2}{R^2(R+z)^3} + \frac{(x-\tau)(y-\gamma)^2}{R^3(R+z)^2} \right] \right\}; \\ \tilde{\tau}_{yz}^{(2)} &= -\frac{3(x-\tau)(y-\gamma)z}{2\pi R^5}; \\ \tilde{\tau}_{xz}^{(3)} &= -\frac{3(x-\tau)(y-\gamma)z}{2\pi R^5}.\end{aligned}$$

Таким образом, значение единичной сосредоточенной (нормальной или касательной) силы, приложенной на границе полупространства в любой точке  $(\tau, \gamma, 0)$  можно поставить в соответствие тензор напряжений в любой точке полупространства  $M(x, y, z)$ , для которой  $z > 0$ .

В теории упругих полупространств существует решение А. Лява [4], которое распространяет применение задачи Буссинеска для сосредоточенной силы на случай действия распределенной нагрузки интенсивности  $q(\tau, \gamma)$ , находящейся в точке с координатами  $(\tau, \gamma)$  на нагруженной части границы. При эллиптическом законе распределения давлений по площадке контакта интенсивность распределенной нагрузки выражается соотношением:

$$q(\tau, \gamma) = q_0 \sqrt{1 - (\tau/a)^2 - (\gamma/b)^2}. \quad (8)$$

Для общности изображения следует понимать под  $q(\tau, \gamma)$  и  $q_0$  интенсивности распределенной нагрузки, соответственна в точке  $(\tau, \gamma, 0)$  и в точке  $(0, 0, 0)$  системы координат  $S1$ , вызванные любой из трех составляющих вектора контактных сил  $-P, H$  или  $F$ . Следуя решению А. Лява напряжения  $\Psi_{ij}^K(x, y, z)$  в любой точке  $M(x, y, z)$ , (для  $z > 0$ ) от действия распределенной по площадке контакта  $S$  нагрузки можно определить как

$$\Psi_{ij}^K = \int_{(S)} q(\tau, \gamma) \tilde{\Psi}_{ij}^K(x-\tau, y-\gamma, z) dS \quad (9)$$

В формуле (9) приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned}\Psi_{11}^{(K)}, \tilde{\Psi}_{11}^{(K)} &\text{ соответствует } \sigma_x^{(K)}, \tilde{\sigma}_x^{(K)}; \\ \Psi_{12}^{(K)}, \tilde{\Psi}_{12}^{(K)} &\text{ соответствует } \tau_x^{(K)}, \tilde{\tau}_x^{(K)}; \\ \Psi_{13}^{(K)}, \tilde{\Psi}_{13}^{(K)} &\text{ соответствует } \tau_{xz}^{(K)}, \tilde{\tau}_{xz}^{(K)}; \\ \Psi_{22}^{(K)}, \tilde{\Psi}_{22}^{(K)} &\text{ соответствует } \sigma_y^{(K)}, \tilde{\sigma}_y^{(K)}; \\ \Psi_{23}^{(K)}, \tilde{\Psi}_{23}^{(K)} &\text{ соответствует } \sigma_{yz}^{(K)}, \tilde{\sigma}_{yz}^{(K)}; \\ \Psi_{33}^{(K)}, \tilde{\Psi}_{33}^{(K)} &\text{ соответствует } \sigma_z^{(K)}, \tilde{\sigma}_z^{(K)};\end{aligned} \quad (10)$$

Кроме того,  $\Psi_{ij}^{(K)} = \Psi_{ji}^{(K)}$ ;  $\tilde{\Psi}_{ij}^{(K)} = \tilde{\Psi}_{ji}^{(K)}$ ;  $i, j = 1, 2, 3$ ;  $K=1, 2, 3$ .

Таким образом, любая составляющая тензора напряжений от действия в точке  $0$  контактных сил  $P, H$  или  $F$  может быть получена по формуле (9) при подстановке вместо

$q(\tau, \gamma)$  соответствующих значений  $P(\tau, \gamma)$ ,  $h(\tau, \gamma)$  или  $f(\tau, \gamma)$  (5), (8), а вместо  $\tilde{\Psi}_{ij}^K$  соответствующих величин из (4, 6, 7).

Все вышеизложенное справедливо при  $z > 0$  для определения напряжений непосредственно на площадке контакта ( $z = 0$ ) контактная задача решена аналитически А.М. Беляевым для случая действия нормальной силы [5], а также В.С. Ковальским для случая действия касательных – поперечной и продольной сил  $H$  и  $F$  [6]. Компоненты тензора контактных напряжений в точках площадки контакта вычисляются с использованием следующих формул:

- для вертикальной силы  $P$

$$\begin{aligned} \sigma_x^{(1)} &= P_0 \left\{ -\frac{\lambda}{\lambda + G} \xi - \frac{G}{\lambda + G} \cdot \frac{\beta}{e^2} \left[ (1 - \beta\xi) - \frac{x}{ae} \operatorname{arctg} \frac{ex}{a(1 + \beta\xi)} - \frac{y\beta}{be} \operatorname{arctg} \frac{ey}{b(\beta + \xi)} \right] \right\}; \\ \sigma_y^{(1)} &= P_0 \left\{ -\frac{\lambda}{\lambda + G} \xi - \frac{G}{\lambda + G} \cdot \frac{\beta}{e^2} \left[ \left( \frac{\xi}{\beta} - 1 \right) + \frac{x}{ae} \operatorname{frcth} \frac{\theta x}{a(1 + \beta\xi)} + \frac{y\beta}{be} \right] \operatorname{arctg} \frac{ey}{b(\beta + \xi)} \right\}; \\ \tau_{xy}^{(1)} &= P_0 \left\{ -\frac{\theta\beta}{(\lambda + G)e^2} \left[ \frac{y}{be} \operatorname{arcth} \frac{ex}{a(1 + \beta\xi)} - \frac{x}{a\beta e} \operatorname{arctg} \frac{ey}{b(\xi - \beta)} \right] \right\}; \\ \sigma_z^{(1)} &= -P_0 \xi; \\ \tau_{yz}^{(1)} &= \tau_{xz}^{(1)} = 0. \end{aligned} \tag{11}$$

$$\xi = \sqrt{1 - (x/a)^2 - (y/b)^2};$$

$$\beta = \frac{b}{a};$$

Здесь

$e$  – эксцентриситет контактного эллипса;

$\lambda$  и  $G$  – постоянные Ламе для данной среды;

$$\lambda = \frac{\nu\mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)};$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)},$$

- для поперечной силы

$$\begin{aligned} \sigma_x^{(2)} &= h_0 \left\{ -\frac{2b}{a} \left[ I_3 + \mu \frac{2I_3 - I_1}{e^2} \frac{x}{a} \right] \right\}; \\ \sigma_y^{(2)} &= h_0 \left\{ -\frac{2b}{a} \left[ \mu I_3 - \mu \frac{2I_3 - I_1}{e^2} \right] \frac{x}{a} \right\}; \\ \sigma_z^{(2)} &= h_0 \left\{ \left[ I_1 - I_3 + 2\mu \frac{(1 - e^2)(2I_3 - I_1)}{e^2} \right] \frac{y}{b} \right\}; \\ \sigma_z^{(2)} &= 0; \\ \tau_{yz}^{(2)} &= 0; \\ \tau_{xz}^{(2)} &= 0 \end{aligned} \tag{12}$$

- для продольной силы

$$\begin{aligned}
 \sigma_x^{(3)} &= f_0 \left\{ -\frac{2y}{b} \left[ \mu(I_1 + I_3) + \mu \frac{2(1-e^2)(I_3 - I_1)}{e^2} \right] \right\}; \\
 \sigma_y^{(3)} &= f_0 \left\{ -\frac{2y}{b} \left[ I_2 - I_3 - \mu \frac{(1-e^2)(2I_3 - I_1)}{e^2} \right] \right\}; \\
 \sigma_z^{(3)} &= 0; \\
 \tau_{xy}^{(3)} &= f_0 \left\{ -\frac{x}{a} \left[ I_3 - 2\mu \frac{2I_3 - I_1}{e^2} \right] \right\} \\
 \tau_{yz}^{(3)} &= 0; \\
 \tau_{xz}^{(3)} &= 0
 \end{aligned} \tag{13}$$

В формулах (11-13) обозначено  $I_3 = \frac{I_1 - I_2}{e^2}$ .

Таким образом, сформулированы основные пути для определения компонент тензора контактных напряжений, вызванных действием пространственного вектора контактных сил. Однако, проведение расчетов по вышеприведенным формулам дает точные решения лишь для случая приложения контактных сил вблизи вертикальной оси симметрии рельса. При удалении в сторону боковых поверхностей головки рельса могут появиться значительные погрешности в определении напряжений [7]. Одним из способов уменьшения, но не ликвидации этих погрешностей может явиться использование координатной системы, которая позволила бы за границу полупространства принимать для головки рельса касательную к поверхности головки в точке приложения контактной силы. Введем для этого так называемую «сопровождающую» декартову систему координат S2 (рисунок 3).

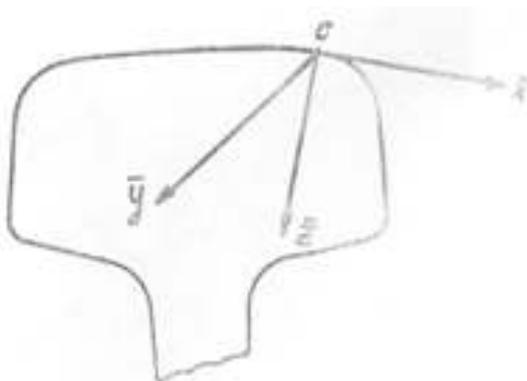


Рисунок 3 – Координатная система S2

Центром этой системы будем считать точку приложения контактной силы взаимодействия колеса и рельса – точку С. Ось Х направим по касательной к образующей головки рельса к ее внутренней грани. Ось У имеет то же направление, что и ось У в системе координат S1. Ось Z – перпендикуляр к осям Х и У (в данном сечении рельса), восстановленный из точки С и направленный внутрь головки рельса. Разложим контактные

силы, действующие в этой точке на нормальные и касательные к головке рельса. Воспользовавшись формулами общего преобразования прямоугольных координат, получим выражения координат точки  $M(\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z})$  через координаты системы S1-(x, y, z):

$$\begin{aligned}\bar{x} &= (x - x_0) \cos \alpha + (z - z_0) \sin \alpha; \\ \bar{z} &= (z - z_0) \cos \alpha - (x - x_0) \sin \alpha; \\ \bar{y} &= y.\end{aligned}\tag{14}$$

В формуле (14) угол  $\alpha$  – угол между осями координатных систем S1 и S2 – угол наклона касательной в точке С к оси X системы координат S1.

Определим в системе S2 компоненты тензора контактных напряжений для точки головки рельса  $M(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ , пользуясь формулами (4,6,7,9-13)

$$\Psi_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}^{(K)} = \left\{ \begin{array}{ccc} \bar{\Psi}_{11}^{(K)} & \bar{\Psi}_{12}^{(K)} & \bar{\Psi}_{13}^{(K)} \\ \bar{\Psi}_{21}^{(K)} & \bar{\Psi}_{22}^{(K)} & \bar{\Psi}_{23}^{(K)} \\ \bar{\Psi}_{31}^{(K)} & \bar{\Psi}_{32}^{(K)} & \bar{\Psi}_{33}^{(K)} \end{array} \right\}\tag{15}$$

Найдем выражение для компонент тензора (15) в координатной системе S1. Тензор  $\Psi^{(K)}$  представляет собой абсолютный ковариантный тензор ранга 2, заданный в пространстве трех измерений с координатами  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ . Для определения значений компонент тензора  $\Psi^{(K)}$  в S1 необходимо подвергнуть их линейному однородному преобразованию. Для абсолютного ковариантного тензора ранга 2 эти преобразования имеют вид:

$$\Psi_{ij}^{(K)} = \sum_{l=1}^3 \sum_{h=1}^3 \frac{\partial \bar{t}^l}{\partial t^i} \cdot \frac{\partial \bar{t}^h}{\partial t^j} \Psi_{lh}^{(K)}\tag{16}$$

В формуле (16) введены следующие обозначения

$$\bar{t}^1 = \bar{x}; \quad t^1 = x; \quad \bar{t}^2 = \bar{y}; \quad t^2 = y; \quad \bar{t}^3 = \bar{z}; \quad t^3 = z.$$

Не останавливаясь далее на простых алгебраических выкладках, напишем формулы для преобразования компонент тензоров из S2 в S1.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi_{11}^{(K)} = \bar{\Psi}_{11}^{(K)} \cos^2 \alpha - \bar{\Psi}_{13}^{(K)} \sin 2\alpha + \bar{\Psi}_{33}^{(K)} \sin^2 \alpha; \\ \Psi_{22}^{(K)} = \bar{\Psi}_{22}^{(K)}; \\ \Psi_{33}^{(K)} = \bar{\Psi}_{33}^{(K)} \cos^2 \alpha + \bar{\Psi}_{13}^{(K)} \sin 2\alpha + \bar{\Psi}_{11}^{(K)} \sin^2 \alpha; \\ \Psi_{12}^{(K)} = \bar{\Psi}_{12}^{(K)} \cos \alpha - \bar{\Psi}_{23}^{(K)} \sin \alpha; \\ \Psi_{23}^{(K)} = \bar{\Psi}_{12}^{(K)} + \bar{\Psi}_{23}^{(K)} \cos \alpha; \\ \Psi_{13}^{(K)} = \bar{\Psi}_{13}^{(K)} \cos 2\alpha + (\bar{\Psi}_{11}^{(K)} \sin 2\alpha - \bar{\Psi}_{33}^{(K)} \sin 2\alpha) \end{array} \right.\tag{17}$$

Ввиду симметричности тензора  $\Psi^{(K)}$  относительно главной диагонали, к соотношениям (14) можно еще добавить следующие:

$$\Psi_{21}^{(K)} = \Psi_{12}^{(K)}; \quad \Psi_{31}^{(K)} = \Psi_{13}^{(K)}; \quad \Psi_{32}^{(K)} = \Psi_{23}^{(K)}.$$

Из анализа выражений (17) можно сделать вывод о соблюдении всех трех инвариантных тензорных соотношений.

Используя координатную систему S1 как компилирующую можно, применяя принцип суперпозиции, определить в ней компоненты суммарного тензора контактных напряжений от действия пространственного вектора контактных сил  $Q$ .

$$\Psi_{ij}^{KT} = \sum_{K=1}^3 \Psi_{ij}^{(K)}$$

или

$$\Psi_{(x,y,z)}^{KT} = \begin{Bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{Bmatrix}. \quad (18)$$

Таким образом, определены все компоненты тензора контактных напряжений вызванных действием пространственного вектора контактных сил  $Q(P, H, F)$ . Однако, так как рассматривалась только контактная задача взаимодействия колеса и рельса, не были учтены напряжения, вызванные изгибом и кручением рельса в горизонтальной плоскости, а также вертикальным изгибом рельса. Определение этих напряжений является следующим этапом работы.

#### **Выводы.**

1. На основе решений Н.М. Беляева, Б.С. Ковальского, А. Лява определены компоненты тензора контактных напряжений для точек головки рельса при действии на нее сложной пространственной системы контактных сил.

2. Предложен способ уменьшения погрешностей, вызванных применением метода Герца - Беляева для точек контакта, удаленных от вертикальной оси симметрии рельса – введена так называемая сопровождающая декартова система координат. Компоненты тензора контактных напряжений, определяемые в этой системе, преобразуются как компоненты абсолютного ковариантного тензора ранга 2 к исходной системе координат, связанной с вертикальной осью симметрии рельса.

#### **Литература**

1. Беляев Н.М. Применение теории Герца к подсчетам местных напряжений в точке соприкосновения колеса и рельса. // Вестник инженера. – 1917. – №12, т.III. – С. 281-288.
2. Безухов Н.И. Введение в теорию упругости и пластичности. – М.: «Стройиздат», 1950.
3. Ковальский Б.С. Контактная задача в железнодорожной практике. // Известия ВУЗов, Машиностроение. – 1960. – № 6. – С. 48-51.
4. Ляв А. Математическая теория упругости. – М.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. – 268 с.
5. Беляев Н.М. Местные напряжения при сжатии упругих тел. / В сб.: Инженерные сооружения и строительная механика. – Ленинград, 1924. – С. 27-108.
6. Ковальский Б.С. Напряжение на участке местного смятия при учете силы трения. // Известия АН СССР, ОТН. – 1942. – №9. – С. 16-19.
7. Яковлев В.Ф. Исследование контактных напряжений в элементах колеса и рельса при действии вертикальной и касательных сил. // Труды ЛИИЖТ. – 1962. – вып. 187. – С. 3-89.

### References

1. Belyaev N.M. Application of Hertz theory to calculations of local stresses at the point of contact of the wheel and rail. // Bulletin of the Engineer. – 1917. – No. 12, vol. III. – pp. 281-288.
2. Bezukhov N.I. Introduction to the theory of elasticity and plasticity. – M.: "Stroyizdat", 1950.
3. Kovalsky B.S. Contact problem in railway practice. // Izvestiya VUZov, Mashinostroenie. – 1960. – No. 6. – pp. 48-51.
4. Lyav A. Mathematical theory of elasticity. – M.: ONTI NKTP USSR, 1935. – 268 p.
5. Belyaev N.M. Local stresses during compression of elastic bodies. / In the collection: Engineering structures and construction mechanics. – Leningrad, 1924. – pp. 27-108.
6. Kovalsky B.S. Tension at the site of local crumpling taking into account the friction force. // Izvestia of the USSR Academy of Sciences, REL. – 1942. – No. 9. – pp. 16-19.
7. Yakovlev V.F. Investigation of contact stresses in wheel and rail elements under the action of vertical and tangential forces. // Trudy LIZhT. – 1962. – issue 187. – pp. 3-89.

**ОМАРОВ А.Ж.** – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)  
**АБДУЖАБАРОВ А.Х.** – т.ғ.д., профессор (Өзбекстан Республикасы, Ташкент қ., Ташкент мемлекеттік көлік университеті)  
**ОМАРОВА Г.А.** – э.ғ.к., PhD, қауым. профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

### ДӨҢГЕЛЕКПЕН ӘРЕКЕТТЕСУ КЕЗІНДЕ РЕЛЬСТІҢ БАСЫНДАҒЫ КЕРНЕУЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

#### Аңдатпа

*Н.М. Беляев, Б.С. Ковальский, А. Ляв шешімдерінің негізінде байланыс күштерінің күрделі кеңістіктік жүйесі әсер еткен кезде рельстің бас нүктелері үшін байланыс кернеуі тензорының компоненттері анықталды.*

*Рельс симметриясының тік осінен алыс байланыс нүктелері үшін Герц - Беляев әдісін қолданудан туындаған қателіктерді азайту әдісі ұсынылды-ілесне декарттық координаттар жүйесі енгізілді. Осы жүйеде анықталған байланыс кернеуі тензорының компоненттері абсолютті 2 дәрежелі ковариантты тензордың компоненттері ретінде рельстің тік симметрия осімен байланысты бастапқы координаттар жүйесіне айналады.*

***Түйінді сөздер:** кернеулерді есептеу, рельс дөңгелегі мен басының өзара әрекеттесуі, рельсті болаттың серпімділік модулі, түйісу алаңының өлшемдері, жақындасу шамасы, координаттар жүйесі.*

**OMAROV A.D.** – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)  
**ABDUZHABAROV A.Kh.** – d.t.s., professor (Republic of Uzbekistan, Tashkent, Tashkent state transport university)  
**OMAROVA G.A.** – c.e.s., PhD, assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

### ISSUES OF CALCULATING THE STRESSES IN THE RAIL HEAD DURING ITS INTERACTION WITH THE WHEEL

### **Abstract**

*Based on the solutions of N.M. Belyaev, B.S. Kovalsky, A. Lyava, the components of the contact stress tensor for the points of the rail head under the action of a complex spatial system of contact forces on it are determined.*

*A method is proposed to reduce the errors caused by the application of the Hertz - Belyaev method for contact points remote from the vertical axis of symmetry of the rail – the so-called accompanying Cartesian coordinate system is introduced. The components of the contact stress tensor defined in this system are transformed as components of an absolute covariant tensor of rank 2 to the original coordinate system associated with the vertical axis of symmetry of the rail.*

**Keywords:** *stress calculation, interaction of the wheel and the rail head, modulus of elasticity of rail steel, dimensions of the contact pad, convergence value, coordinate system.*

УДК 656.2

**АКШУЛАКОВ К.Ж.** – PhD, ассоц. профессор (г. Нур-Султан, Национальный университет обороны им. Первого Президента РК – Елбасы)

**ШАРИПХАНОВ С.Д.** – д.т.н., ассоц. профессор (г. Кокшетау, Академия гражданской защиты им. М.Габдуллина МЧС РК)

**МАКАРОВ Е.Л.** – магистр (г. Нур-Султан, Национальный университет обороны им. Первого Президента РК – Елбасы)

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПОГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ В НЕОБОРУДОВАННЫХ МЕСТАХ**

### **Аннотация**

*В работе отражены основные результаты научной работы ИРН №00007/ГФ-20 «Разработка нового научно-технического решения по созданию мобильного устройства (рампы) для погрузки и выгрузки военной техники с железнодорожной платформы в необорудованных местах», приведены конструктивные решения, требования, предъявляемые к мобильным устройствам, а также приведено обоснование эффективности данного способа при решении задач логистики доставки воинских и спасательных подразделений.*

*Рассмотрены вопросы доставки железнодорожным транспортом сил и средств для ликвидации последствий крупномасштабных чрезвычайной ситуации в регионы с риском землетрясений. Предложено решение задач логистики по доставке спасательных подразделений путем разработки мобильной рампы, позволяющей ускорить погрузочно-разгрузочные работы техники на железнодорожные платформы в местах, необорудованных стационарными эстакадами.*

**Ключевые слова:** *реагирование на чрезвычайные ситуации, вызванные землетрясениями; задачи логистики по доставке сил и средств гражданской защиты железнодорожным транспортом; погрузка и выгрузка инженерной и спасательной техники с железнодорожных платформ в необорудованных местах.*

**Введение.** Государственная система гражданской защиты (ГСГЗ) страны наряду с повседневными задачами решает задачи реагирования на крупномасштабные ЧС на всей территории республики. В зависимости от масштаба чрезвычайной ситуации (ЧС),

количества пострадавшего населения, ущерба экономике и объектам жизнеобеспечения необходимо в короткие сроки в указанном месте создавать достаточную для эффективного реагирования группировку сил и средств. Создание группировки сил ГЗ осуществляется согласно планов реагирования за счет сосредоточения сил самого региона, где произошла ЧС, а также путем оперативной доставки сил и средств из других регионов. Вопрос создания в любой точке Казахстана в нормативно короткое время требуемой группировки сил является важной задачей от которой зависит исход всей операции по успешной ликвидации ЧС. В связи с этим данный вопрос должен постоянно прорабатываться и совершенствоваться соответствующими органами управления и штабами с учетом современных достижений науки и техники.

Актуальность вопроса обусловлена в первую очередь тем, что общая сейсмоопасная площадь республики составляет обширную (около 30%) территорию, на которой проживает более 6 млн. человек и сосредоточено 40% промышленного потенциала Республики. Высокой потенциальной сейсмической опасности подвержены территории города Алматы, южные и восточные регионы республики.

Например, в результате возникновения разрушительного землетрясения, в самом крупном мегаполисе страны, городе Алматы, может сложиться достаточно сложная обстановка: сильные и полные разрушения получают до 30% зданий и сооружений, школ и дошкольных учреждений; около 40% лечебно-профилактических учреждений получают сильные и полные разрушения; системы энерго-, газо- и водоснабжения, канализационные сети практически полностью будут выведены из строя; до 50% водяных скважин временно прекратят подачу воды; разрушения и повреждения на линиях электропередач, объектах электроснабжения приведут к прекращению подачи электричества в город на 30 и более суток; значительные объемы теплосетей и тепло- энерго-, централей, котельных и тепловых пунктов, а также газовые сети могут получить сильные и полные повреждения.

Возможно образование свыше 200 отдельных пожаров, 25 сплошных пожаров и 310 очагов возгорания в завалах, общей площадью до 57200 м<sup>2</sup>. На примере города Алматы можно сделать вывод, что такие ЧС могут оказать значительное дестабилизирующее влияние на экономическую и социальную жизнь региона и страны в целом.

Для регионов подверженных землетрясениям, общее количество личного состава формирований гражданской защиты рассчитывается из расчета, один спасатель на десять человек населения [1].

Соответственно, для города Алматы, в котором проживает более 1,5 млн. человек, общая численность сотрудников формирования гражданской защиты составит около 150 тысяч человек.

Значительная часть личного состава формирований ГЗ города Алматы может пострадать от воздействия катастрофы, поэтому своевременную помощь городу будут оказывать формирования ГЗ прибывающие из других регионов.

Согласно принятого Плана действий по ликвидации чрезвычайных ситуаций глобального и регионального масштабов создана группировка сил, прибытие к месту ЧС которых организуется эшелонами [2]:

- до 15% личного состава группировки прибывают в город авиатранспортом;
- личный состав (25-30% их общего количества) и автомобильная техника из близлежащих областей прибывают к месту аварийно-спасательных работ своим ходом;
- остальные формирования (личный состав, автомобильная и инженерная техника) прибывают железнодорожным транспортом.

**Основная часть.** Железнодорожный транспорт согласно теории и практики логистики с учетом особенностей территорий республики остается одним из основных и наиболее экономичных средств доставки сил и средств ГЗ на большие расстояния, при возникновении крупномасштабных ЧС. Возможности современного железнодорожного

транспорта позволяют осуществить переброску сил и средств до тысячи километров в сутки в районы предназначения [3].

Для доставки личного состава и техники формирований ГЗ на железнодорожном транспорте бронируются необходимые виды и количество подвижного состава, а также определяются станции погрузки и выгрузки согласно заявок. Станции погрузки и разгрузки определены заблаговременно в зависимости от наличия на них устройств для погрузки и выгрузки тяжелой инженерной техники, а также не подверженные воздействию ЧС. Так для сил, прибывающих в город Алматы с различных направлений такими станциями являются, рисунок 1.

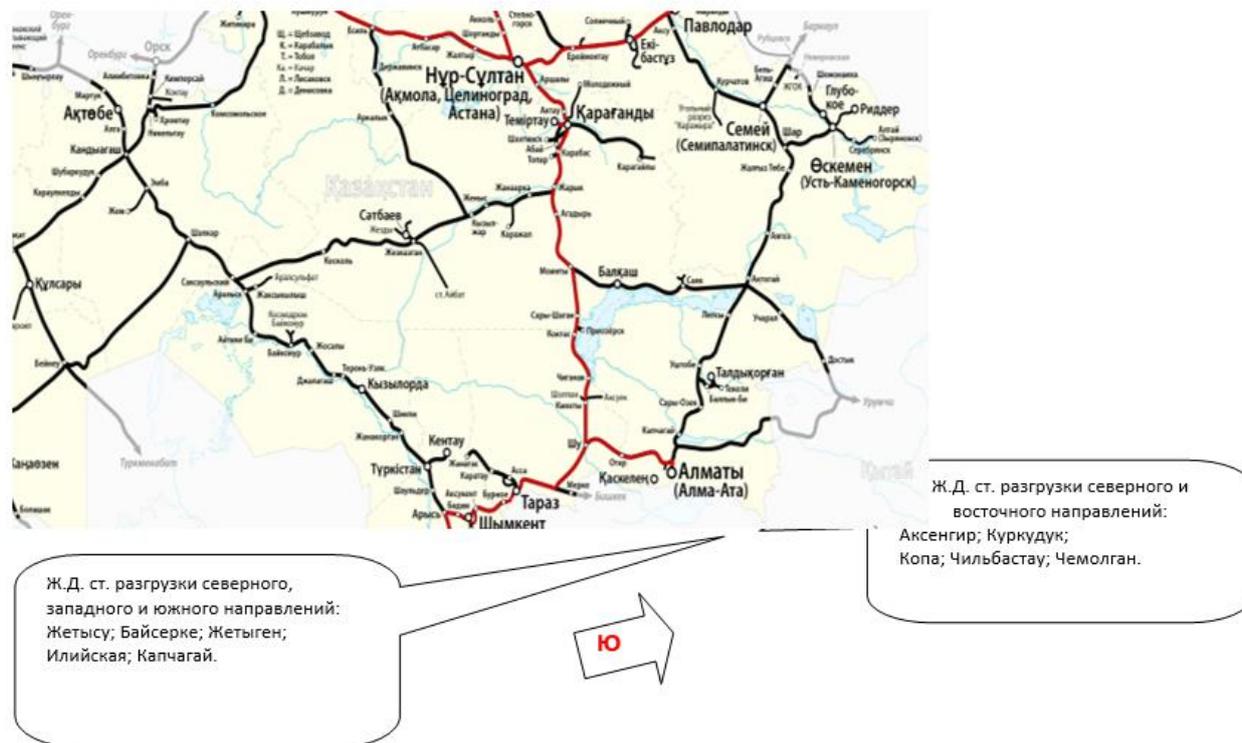


Рисунок 1 – Станции разгрузки сил и средств, прибывающих из регионов Республики

С целью анализа возможностей железнодорожного транспорта при доставке сил и средств из различных частей страны 26 октября 2021 года на железнодорожной станции «Жетысу» поселка Отеген Батыр Илийского района Алматинской области (рисунок 2) были проведены тактико-специальные учения на тему «Действия служб гражданской защиты города Алматы по погрузке, выгрузке специальной и инженерной техники на железнодорожные платформы для организации перевозки в случае ЧС на территории других регионов Республики Казахстан».

В ходе учений были практически отработаны вопросы доставки сил и средств с погрузкой и выгрузкой техники на железнодорожные платформы. Расстояние между станциями погрузки от мест расположения формирований ГЗ, а также от станций выгрузки до мест предполагаемого проведения ликвидации ЧС, в общей сложности составляют значительные расстояния (до сотни километров) по каждому направлению. Все операции погрузки и выгрузки, а также перемещения своим ходом занимают значительные временные промежутки, что было подтверждено в ходе проведения тактико-специальных учений.



Рисунок 2 – Погрузка техники на железнодорожную платформу на станции, оборудованной стационарной рампой (26 октября 2021 года на железнодорожной станции «Жетысу» поселка Отеген Батыр Илийского района Алматинской области)

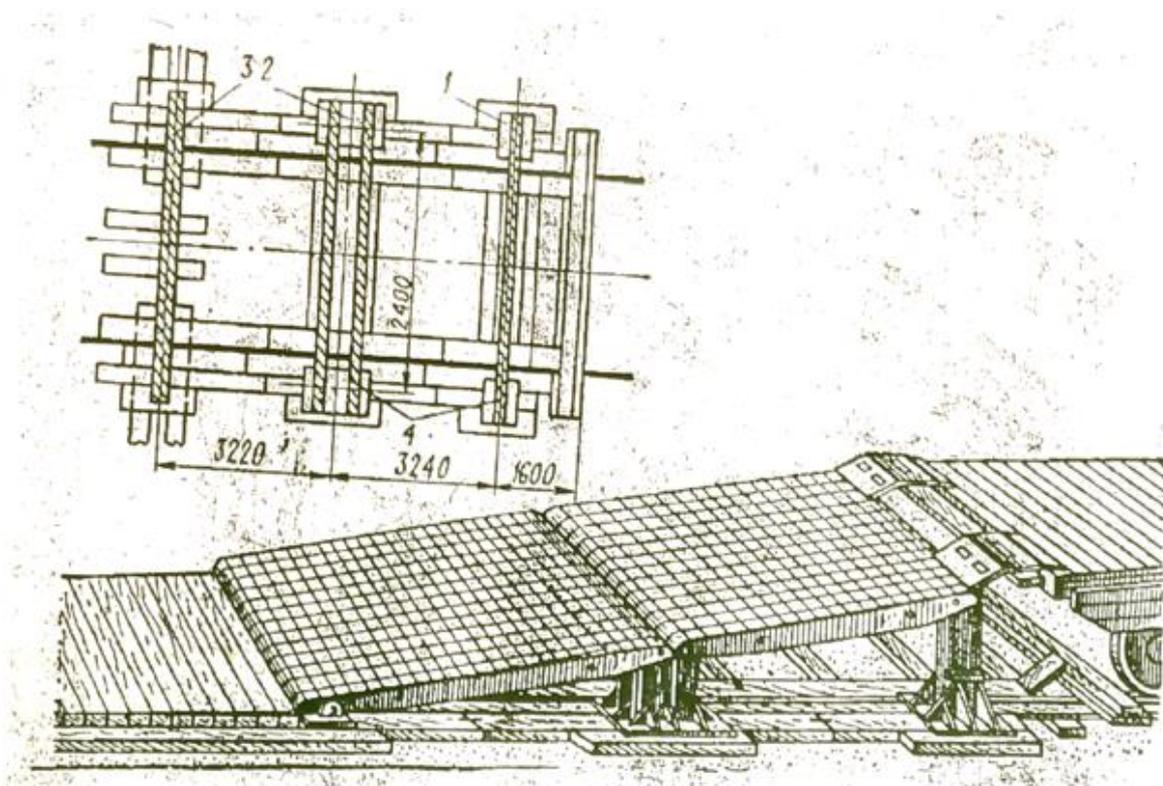


Рисунок 3 – Сборно-разборная металлическая аппарель образца 1975 года торцевого типа со схемой монтажа

Вместе с тем может возникнуть ситуация, когда оборудование станций такого рода установками не представляется возможным, либо при перевозке техники на большие расстояния (1500 – 2000 км и более), будет необходимость погрузки (выгрузки) техники в необорудованных местах. Отсутствие необходимого оборудования, отсутствие или недостаточное количество подручных средств может значительно затянуть процесс выгрузки (погрузки) техники; вывести при этом её из строя и снизить боевую готовность перевозимых сил [4].

Так, применяемые до настоящего времени спецоборудование: сборно-разборные металлические аппарели (СРМА) образцов 1954 и 1976 годов для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с производства сняты, однако новые модификации взамен не приняты (рисунок 3).

СРМА образцов 1954 и 1976 годов из-за своей громоздкости, тяжести и сложности при развертывании не отвечают современным требованиям. Конструктивно они не до конца технически отработаны и состоят из множества элементов (рисунок 4).

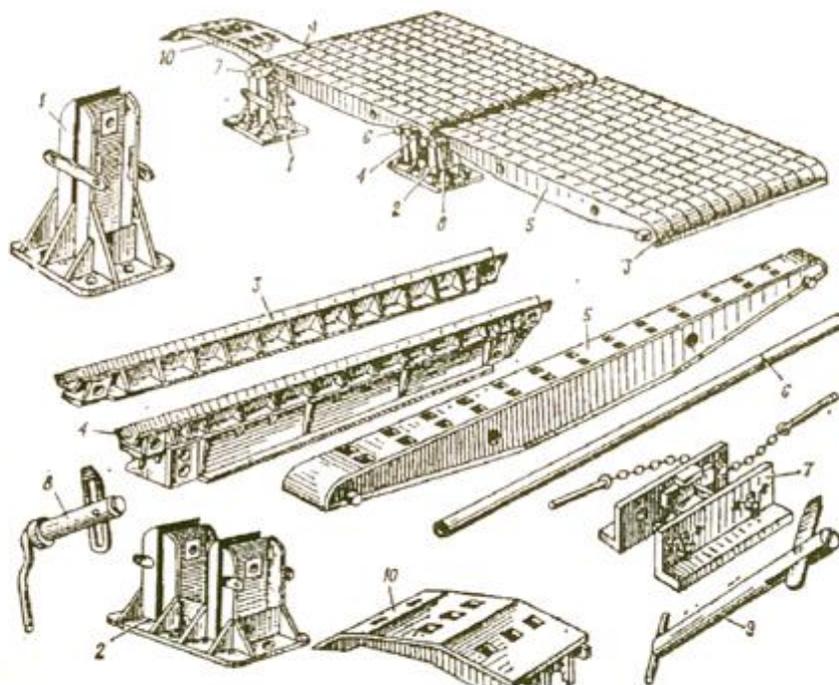
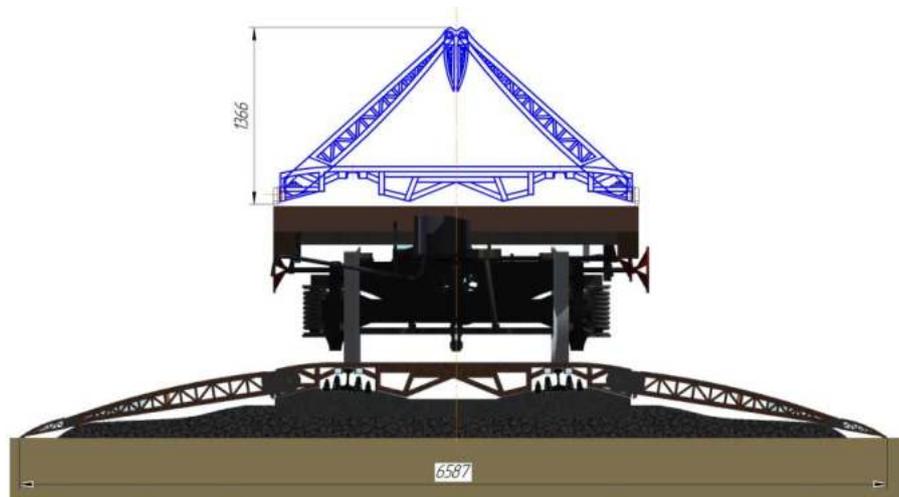


Рисунок 4 – Элементы сборно-разборной металлической аппарели образца 1975 года: 1 – передняя опора; 2 – средняя опора; 3 – нижняя опора; 4 – поперечная балка; 5 – прогон; 6 – соединительная труба; 7 – соединительное звено; 8 – замок-шарнир; 9 – штырь-ограничитель; 10 – переходной мосток.

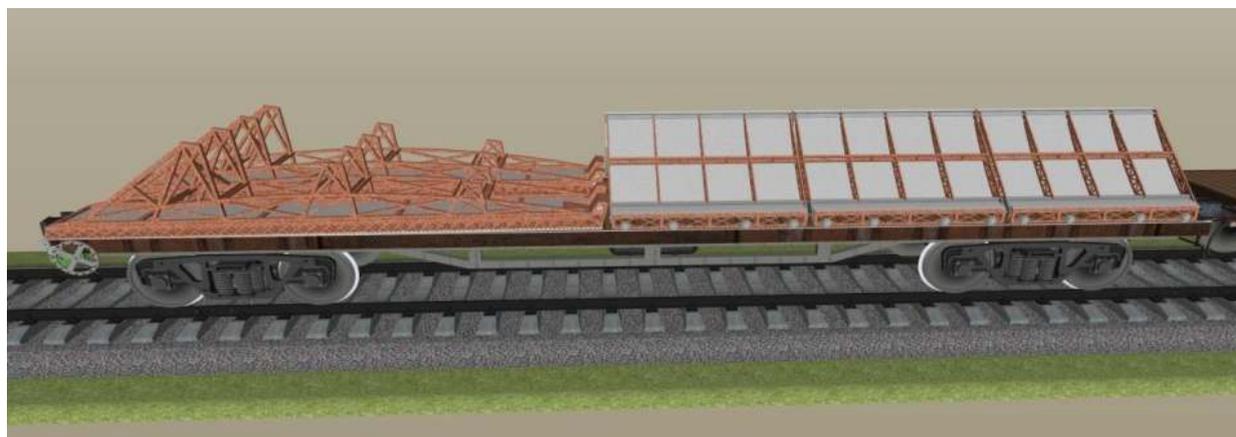
При сборке данных СРМА необходимо провести укладку основания из деревянных шпал для опоры (две ленты из шпал – с наружной стороны рельсов и одну ленту из шпал – с внутренней стороны вплотную к рельсам, скрепить шпалы между собой и с путевыми шпалами строительными скобами). Затем на созданную площадку из шпал проводится установка СРМА. Всего для основания торцевого СРМА требуется 28, а для устройства съезда до – 50 шпал.

Время сборки торцевой аппарели бригадой (командой) в составе 12 человек личного состава потребуется до 50 минут времени.

В рамках НИР разработан и предложен вариант научно-технического решения, который является принципиально новым, отличается инновационным подходом в сочетании с экономической и технической эффективностью (рисунок 5).



а) вид с торца



б) вид с боку

Рисунок 5 – Рампа в собранном виде

Технических, аппаратных, научных, транспортировочных аналогов на территории Республики Казахстан нет. Имеются аналоги в зарубежных странах (Китай, США), что не в полной мере совпадает с вооружением и военной техникой Республики Казахстан, и являются дорогостоящими.

*Сущность изобретения (полезной модели).* Изобретение (полезная модель) представляет собой модифицированные рампы и аппарели, специально расположенные на 4-хосной платформе (13-401) с длиной рамы 13 метров и более, данные детали будут изготовлены из прочной стали с дополнительным усилением на нагрузку.

Рампа – деталь, состоящая из 4 прямоугольных элементов, настилающаяся на рельсы для дальнейшего безопасного спуска\подъема тяжелой военной техники.

Аппарель – спусковой мост, созданный для безопасного спуска ramпы на рельсы и дальнейшего безопасного спуска\подъема тяжелой военной техники в оборудованных и необорудованных местностях.

Сущность разработанного многофункционального вспомогательного комплекса погрузки\выгрузки военной техники в необорудованных местах заключается в безопасности спуска\подъема тяжелой инженерной техники в оборудованных и необорудованных местностях, сокращении времени погрузки и выгрузки тяжелой техники.

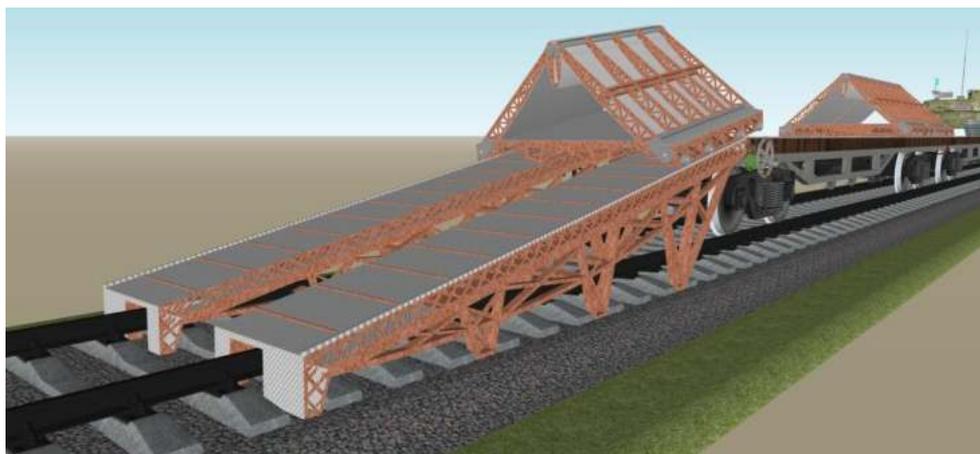
*Сведения, подтверждающие возможность осуществления полезной модели.* Рампа – деталь, состоящая из 4 прямоугольных элементов, включает три аппарели, собранные на платформе в треугольном виде, и закрепленные замком для исключения аварийных ситуаций и повреждений железнодорожных путей (рисунок 6).



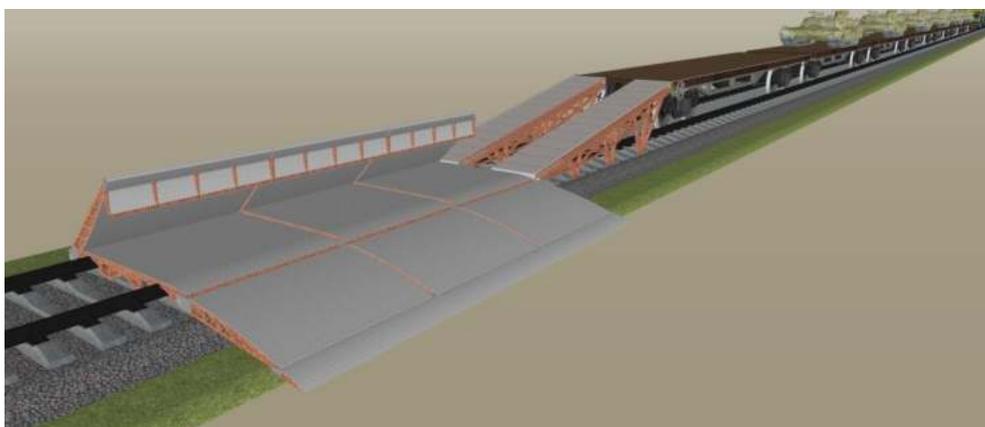
а) установка аппарелей



б) размещение опор аппарелей на межрельсовое пространство



в) спуск по салазкам



з) развертывание площадок

Рисунок 6 – Процесс развертывания рампы (а, б, в, з)

Рампа спускается с помощью колес, находящихся в боковых сторонах рампы, на краях платформы расположены специальные углубленные рельсы для колёс, далее раскрываются на рельсах для удобной выгрузки военной техники. Внутренняя конструкция сделана на основе понтонных мостов, для выдерживания крупногабаритных грузов.

Грузоподъемность 55 т, высота в собранном виде 1366 м, ширина в собранном виде 2700 м, длина в развернутом виде 6587 м, отсек швеллера 100 см.

Комплекс включает две аппарели, в исходном положении аппарели лежат на платформе специально закрепленные замком для исключения аварийных ситуаций и повреждения железнодорожных путей, поднимаются с помощью винтового редуктора и спускаются на рельсы и ее швы. Грузоподъемность 55 т, длина 3 м, ширина одной аппарели 760 мм, масса одной аппарели 1 т.

В ходе исследований также проведены расчеты временных интервалов доставки сил и средств железнодорожным транспортом к местам проведения аварийно-спасательных работ по ликвидации последствий крупномасштабных ЧС в двух вариантах, первое, при обычном способе погрузки и выгрузке на станциях, оборудованных рампами, второе, с применением предлагаемого мобильного комплекса [5].

Формула расчета времени следования железнодорожного состава до пункта дислокации:

$$\tau_p = \tau_n + \sum_{i=1} \left( \frac{L_i}{v_i} + \tau_{cm.i} \right)$$

где  $\tau_p$  – расчетное время следования железнодорожного состава до пункта дислокации, мин;

$\tau_n$  – подготовительное время, мин;

$\tau_{cm.i}$  – время стоянки железнодорожного состава в конце  $i$ -го отрезка пути, мин;

$L_i$  – длина  $i$ -го отрезка пути, км;

$v_i$  – средняя скорость движения железнодорожного состава на  $i$ -ом отрезке пути, км.

**Вывод.** Анализ полученных расчетов времени (оперативности) доставки сил и средств железнодорожным транспортом к местам проведения аварийно-спасательных работ по ликвидации последствий крупномасштабных ЧС при применении предлагаемого мобильного комплекса демонстрирует значительное сокращение времени реагирования (доставки) в среднем до 30%. На основе анализа мирового опыта ликвидации последствий крупных землетрясений данные показатели являются весьма значимыми, что подтверждает необходимость применения данного метода.

Таким образом, существует объективная необходимость иметь оптимальные технические решения для погрузки (выгрузки) военной техники в местах необорудованных погрузочно-разгрузочными устройствами.

### Литература

1. Акшулаков К.Ж., Шарипханов С.Д. Повышение оперативности доставки сил и средств гражданской защиты железнодорожным транспортом за счет разработки мобильного комплекса для погрузки и выгрузки техники с подвижного состава. // Научный журнал Академии ГЗ МЧС РК «Наука и образование в гражданской защите». – 2022. – №1 (45). – С. 10-17.
2. План действий МЧС РК по ликвидации чрезвычайных ситуаций глобального и регионального масштабов. Утвержден приказом МЧС РК №54 от 03.02.2021 г.
3. Джеймс Сток, Дуглас Ламберт Стратегическое управление логистикой. – Москва: Инфа-М, 2005. – 794 с.
4. Акшулаков К.Ж. Перевозка подразделений мотострелковой бригады железнодорожным транспортом. Монография. – НУО, 2015. – 120 с.
5. Шарипханов С.Д., Акшулаков К.Ж. Требования к мобильным комплексам погрузки и выгрузки техники с подвижного состава при перевозке сил гражданской защиты. / Сборник материалов X-й Международной семинар-конференции «Пожарная безопасность в условиях современности». – Кокшетау, 2022. – С. 68-72.

### References

1. Akshulakov K.Zh., Sharipkhanov S.D. Increasing the delivery efficiency of civil protection forces and means by railway transport through the development of a mobile complex for loading and unloading equipment from rolling stock. // Scientific Journal of the Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan "Science and education in civil protection". – 2022. – No 1 (45). – pp. 10-17.

2. Action plan of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan for the elimination of emergencies of global and regional scale. Approved by the Order of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan No. 54 dated 03.02.2021.

3. James Stock, Douglas Lambert Strategic Logistics Management. – Moscow: Infa-M, 2005. – 794 p.

4. Akshulakov K.Zh. Transportation of motorized rifle brigade units by rail. Monograph. – NUO, 2015. – 120 p.

5. Sharipkhanov S.D., Akshulakov K.Zh. Requirements for mobile complexes for loading and unloading equipment from rolling stock during transportation of civil protection forces. / Collection of materials of the X-th International seminar-conference "Fire safety in modern conditions". – Kokshetau, 2022. – pp. 68-72.

**АҚШОЛАҚОВ Қ.Ж.** – PhD, қауым. профессор (Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасының Тұңғыш Президенті – Елбасы ат. Ұлттық қорғаныс университеті)

**ШӘРІПХАНОВ С.Д.** – т.ғ.д., қауым. профессор (Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы ТЖМ М.Ғабдуллин ат. Азаматтық қорғау академиясы)

**МАКАРОВ Е.Л.** – магистр (Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасының Тұңғыш Президенті – Елбасы ат. Ұлттық қорғаныс университеті)

## **ЖАБДЫҚТАЛМАҒАН ОРЫНДАРДА ӘСКЕРИ ТЕХНИКАНЫ ТИЕУДІҢ ЖӘНЕ ТҮСІРУДІҢ КӨПФУНКЦИЯЛЫ ҚОСАЛҚЫ КЕШЕНІ**

### *Аңдатпа*

*Жұмыста №00007/ГФ-20 «Жабдықталмаған орындарда темір жол платформасынан әскери техниканы тиеу және түсіру үшін мобильді құрылғы (Рампа) жасау бойынша жаңа ғылыми-техникалық шешімді әзірлеу» ғылыми жұмысының негізгі нәтижелері көрсетілген, мобильді құрылғыларға қойылатын сындарлы шешімдер, талаптар келтірілген, сондай-ақ осы әдістің тиімділігінің негіздемесі келтірілген әскери және құтқару бөлімшелерін жеткізу логистикасының міндеттерін шешу кезінде.*

*Жер сілкінісі қаупі бар өңірлерге ауқымды төтенше жағдайдың салдарын жою үшін күштер мен құралдарды теміржол көлігімен жеткізу мәселелері қаралды. Стационарлық эстакадалармен жабдықталмаған орындарда темір жол платформаларына техниканы тиеу-түсіру жұмыстарын жеделдетуге мүмкіндік беретін мобильді рампаны әзірлеу арқылы құтқару бөлімшелерін жеткізу бойынша логистика міндеттерін шешу ұсынылды.*

***Түйінді сөздер:** жер сілкінісі салдарынан туындаған төтенше жағдайларға ден қою; теміржол көлігімен азаматтық қорғау күштері мен құралдарын жеткізу бойынша логистиканың міндеттері; жабдықталмаған орындарда теміржол платформаларынан инженерлік және құтқару техникасын тиеу және түсіру.*

**AKSHULAKOV K.Zh.** – PhD, assoc. professor (Nur-Sultan, National Defense University named after The First President of the Republic of Kazakhstan – Elbasy)

**SHARIPKHANOV S.D.** – d.t.s., assoc. professor (Kokshetau, M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan)

**MAKAROV E.L.** – master's degree (Nur-Sultan, National Defense University named after The First President of the Republic of Kazakhstan – Elbasy)

## MULTIFUNCTIONAL SUPPORT COMPLEX FOR LOADING AND UNLOADING MILITARY EQUIPMENT IN UNEQUIPPED AREAS

### *Abstract*

*The paper reflects the main results of the scientific work of IRN No. 00007/GF-20 "Development of a new scientific and technical solution for the creation of a mobile device (ramp) for loading and unloading military equipment from a railway platform in unequipped places", provides design solutions, requirements for mobile devices, and provides justification for the effectiveness of this method when solving logistics tasks for the delivery of military and rescue units.*

*The issues of delivering forces and means by rail to eliminate the consequences of large-scale emergencies to regions at risk of earthquakes are considered. The solution of logistics tasks for the delivery of rescue units is proposed by developing a mobile ramp that allows speeding up the loading and unloading of equipment on railway platforms in places not equipped with stationary overpasses.*

**Keywords:** *emergency response caused by earthquakes; logistics tasks for the delivery of civil protection forces and equipment by rail; loading and unloading of engineering and rescue equipment from railway platforms in unequipped places.*

УДК 332.14

**БАЯХМЕТОВА А.Т.** – д.э.н., профессор (г. Алматы, Алматы Менеджмент Университет)

**САРЖАНОВ Т.С.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**МУСАЕВА Г.С.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

## ВОПРОСЫ ВЛИЯНИЯ ИНВЕСТИЦИИ В НАУКУ НА УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

### *Аннотация*

*Низкое качество публикации статей казахстанских ученых заключается, прежде всего, в низкой заинтересованностью исследователей в проведении качественных научных исследований. Связан данный факт с необходимостью формального их проведения. Почему имеет место быть этому? Ответ кроется в процессе финансирования проектов. Тематика некоторых исследований, получивших финансирование, вызывает сомнения в способности, генерировать современные научные знания, которые могут трансформировать представления о том, каким образом необходимо управлять обществом, экономикой и природными ресурсами.*

**Ключевые слова:** *развитие казахстанской науки, воздействие инвестиции на науку, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, SWOT-анализ.*

**Введение.** Достаточно большой объем работы выполняется в настоящее время Министерством образования и науки в части процесса управления наукой, в частности стоит отметить прозрачность проведения конкурсов по вопросу финансирования проектов.

Могут ли инвестиции послужить драйвером развития казахстанской науки? Из имеющихся статистических данных, оценить прямое сильное воздействие инвестиции на науку преждевременно, как и рассматривать науку в качестве способствующего инструмента отхода от сырьевой модели экономики. Как отмечалось в ранее опубликованных работах, по причине отсутствия связи с реальным сектором экономики, также по причине отсутствия действенного инструментария коммерциализации разработок и по ряду других причин, которые будут в дальнейшем рассмотрены в представленном исследовании. Связь между наукой и промышленностью позволит понять науке потребности промышленного сектора, чего не наблюдается в настоящее время. Несмотря на понимание у руководства страны необходимости развития науки и построения взаимодействия с промышленностью, нет должного инструментария в виде института, регламентирующего, развивающего и строящего взаимоотношения между потребностью реального сектора с имеющимся потенциалом науки.

**Основная часть.** В современной казахстанской науке уровень развития науки оценивается по таким показателям, как количество статей и публикация статьи в журналах с ненулевым импакт-фактором. На наш взгляд, вклад науки должен оцениваться по предлагаемым ею применимым результатам исследований, разработок, или, иными словами, предложением технологических решений, способных придать положительный эффект экономике страны. Цитируемость следует также рассматривать как степень имеющегося интереса к научному исследованию.

Оказывают ли инвестиции в науку положительный эффект на уровень развития страны? Многие эксперты сравнивают финансирование науки с высокотехнологичными странами мира. По нашему мнению, вопрос финансирования лежит не в плоскости объема финансирования, а в качестве функционирования самого процесса планирования и распределения финансирования, в первую очередь. Имеет ли смысл финансировать проекты, результаты которого не интересны промышленному сектору? Ответ будет отрицательным.

Ниже приведены данные, свидетельствующие о росте затрат на НИОКР (рисунок 1). Вопрос возникает в отношении результатов. Финансирование выделяется, но не ощущается результат. Затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы зафиксированы в последние три года на одном уровне – 0,12% от ВВП. Это ничтожно мало для развивающейся страны, как Казахстан.



Израиль, к примеру, тратит 4,95% от ВВП, Южная Корея – 4,81%, Япония – 3,34%. Казахстан в этом рейтинге занимает 66 место из 72 стран мира. По данным новостного-аналитического ресурса NUR.KZ, в 2020 году 85,2 миллиарда тенге, выделенные на НИОКР, потрачены на: 39,6 миллиарда тенге – оплата труда работникам, 11,8 миллиарда тенге – приобретение услуг для собственных проектов, 8,5 миллиарда тенге – покупка основных средств, таких как машины, другое оборудование, здания и так далее. Три четверти расходов направлено на научные исследования и разработки, в том числе на фундаментальные и прикладные исследования – 12,5 миллиарда и 52,4 миллиарда тенге.



Рисунок 1 – Внутренние затраты на НИОКР

На опытно-конструкторские разработки, включая проектно-конструкторские и технологические работы – 18,4 миллиарда тенге, изготовление образцов и партий изделий и продукции – 1,4 миллиарда тенге, и проектные работы для строительства – 507 миллионов тенге.

Республиканский бюджет является основным источником финансирования НИОКР. Только в 2020 году выделено 40,9 миллиарда тенге, что на 13,7% больше по сравнению с предыдущим годом. Средства инвесторов составили 36,7 миллиарда тенге. Наблюдается также сокращение и по иностранным инвестициям в НИОКР на 33,8% до 2,2 миллиарда тенге. Безусловно, наблюдается за последние три года рост объема финансирования, но они малы, с одной стороны, с другой стороны – нет гарантий в получении высоких результатов (таблица 1).

В отношении вопроса финансирования науки мнения экспертного круга разделены. По мнению одной группы экспертов, процесс финансирования науки не отработан до конца. Подобного мнения придерживается и доктор философских наук, директор Академии фундаментальных и прикладных наук им. С. Зиманова Университета КазГЮУ Мирас Дауленов: «Проведенный нами анализ структуры портфеля научных проектов, получивших государственное финансирование, выявил наличие нескольких системных проблем, не позволяющих эффективно распределять денежные средства на производство прорывных научных исследований, способных конкурировать с исследованиями, проводимыми за рубежом... результаты таких исследований остаются преимущественно вне поля заинтересованности непосредственных потребителей. Основная проблема, на наш взгляд, заключается в управлении финансированием науки в республике» [1] (Forbes Kazakhstan, 2016).

Таблица 1 – Источники финансирования внутренних затрат на НИОКР

Источники финансирования внутренних затрат на НИОКР. 2020   млн тг			
	2020	2019	Рост за год
<b>Всего</b>	<b>85 180,6</b>	<b>82 333,1</b>	<b>3,5%</b>
Республиканский бюджет	40 881,1	35 966,2	13,7%
Программно-целевое финансирование	22 633,8	22 467,9	0,7%
Базовое финансирование	2 614,7	2 370,5	10,3%
Грантовое финансирование	15 632,6	11 127,8	40,5%
Инновационные гранты	177,1	93,7	89,0%
Собственные средства	36 662,2	37 710,7	-2,8%
Иностранные средства	2 211,0	3 338,0	-33,8%
Местный бюджет	485,6	749,9	-35,2%
Прочие средства	4 940,7	4 568,3	8,2%
Займы банков	107,1	156,7	-31,7%
Кредиты и займы на льготных условиях	106,6	156,7	-32,0%
Средства юридических лиц (кроме институтов развития)	3 668,1	2 317,0	58,3%

Источник: Бюро национальной статистики АСПУР РК 

По данным Комитета по статистике Республики Казахстан, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в 2017 году выполняли 386 организаций. Численность работников, занятых исследованиями и разработками составило 22,1 тыс. человек, из них 17,2 тыс. являлись специалистами – исследователями, непосредственно занятыми выполнением научных исследований и разработок. Более 42% исследователей имеют ученые степени доктора или кандидата наук, доктора PhD или доктора по профилю.

Внутренние затраты на исследования и разработки в 2017 году составили 211,3 млн долл. США, из общей суммы на долю бюджета приходится 52,32% [2] (Forbes Kazakhstan, 2018).

По данным (АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы», 2018), в 2017 году по сравнению с 2016 годом наблюдается увеличение финансирования на прикладные исследования на 14%, или 1,3 млрд долл. США, на опытно-конструкторские работы – 1,4%, или 526,7 млн долл. США [3].

По состоянию на 2017 год 103 научно-технических программ выполнено, из них 45% по результатам отчетов получили высокую оценку государственной научно-технической экспертизы, значительная их часть (41%) получили оценку свыше 32 баллов, 53% – среднюю пороговую оценку и 2% – низкую. Возникает вопрос к деятельности государственной научно-технической экспертизы в части прозрачности решений. Результаты научно-технических программ представлены научными публикациями, как в пределах Казахстана, так и за ее пределами, патентами и внедренными разработками.

Научно-технические программы в основном ориентированы на выполнение научно-исследовательских работ и в общей структуре затрат они составляют 80-90%. Более трети завершенных программ внедрились в практику. Наибольшая активность характерна для работ, проведенных по линии Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан – 63%. Результаты работ – новые сорта сельскохозяйственных культур, новые генотипы животных.

Затраты на науку неравномерны, если рассматривать пятилетний период. Доля затрат на выполнение научно-исследовательских работ низкая по данным 2017 года – 0,13%. Какую информацию несет в себе данный показатель? 0,13% характеризуют вклад науки в ВВП, т.е. его наукоемкость. В развитых странах он составляет 3-4%. Казахстану есть смысл задуматься серьезно и определиться окончательно со стратегическими приоритетами страны и расставить соответствующие акценты, исходя из анализа имеющихся в стране ресурсов в широком понимании данного термина.

Проведенное исследование ориентировано на изучение природы проблемы развития казахстанской науки. По результатам изучения природы, путем проведения анализа анкет, статистических данных, определены предполагаемые, вероятностные переменные и путем построения модели определено их влияние на конечный результат предмета исследования. Исследование проведено по следующему алгоритму:

- изучена природа проблем развития казахстанской науки;
- проведен обзор имеющейся литературы по изучаемой проблематике;
- определены вероятностные факторы для построения модели;
- сформулированы гипотезы исследования;
- проведен анализ и на основании его сформулированы выводы и предложения исследования.

В мировом научном мире для оценки эффективности исследований используется такой показатель, как библиометрия, а также показатель цитируемости [4-8].

Если рассматривать публикационную активность по 2019 год, то, как указано в докладе Национальной Академии Наук РК за 2020 год, количество публикаций Казахстана за 2015-2019 гг. составило 14852 ед., результат – 75-е место в мировом рейтинге из 214 стран [9].

Нормализованная средняя цитируемость – показатель цитирования, учитывающий среднюю цитируемость, полученную всеми документами того же типа, опубликованными в той же предметной области и в том же году.

Тенденция роста количества казахстанских публикаций наблюдается по сегодняшний день. Так, доля казахстанских публикаций в мировом потоке научной информации увеличилась за пять лет в 1,5 раза и в 2019 году составила 0,12% (таблица 2).

Таблица 2 – Доля казахстанских публикаций за 2015-2019 годы в мировом потоке научных трудов

Годы	Количество публикаций		Доля публикаций Казахстана в мировом корпусе, %
	Казахстан	Мировой корпус	
2015	2289	2809052	0,08
2016	2768	2934972	0,09
2017	2835	2996838	0,09
2018	3313	3027009	0,11
2019	3647	3091447	0,12
2015-2019	14852	14859318	0,10

По данным InCites (Clarivate Analytics) по состоянию на 01.06.2020.

Используя библиометрические показатели, такие как количество публикаций Казахстана, их доля по предметным категориям относительно среднемирового значения и нормализованная средняя цитируемость, проведен SWOT-анализ (рисунок 2).

Результаты SWOT-анализа позволяют дать оценку состоянию развития научных направлений Казахстана, выявить их сильные и слабые стороны, потенциальные возможности и угрозы.

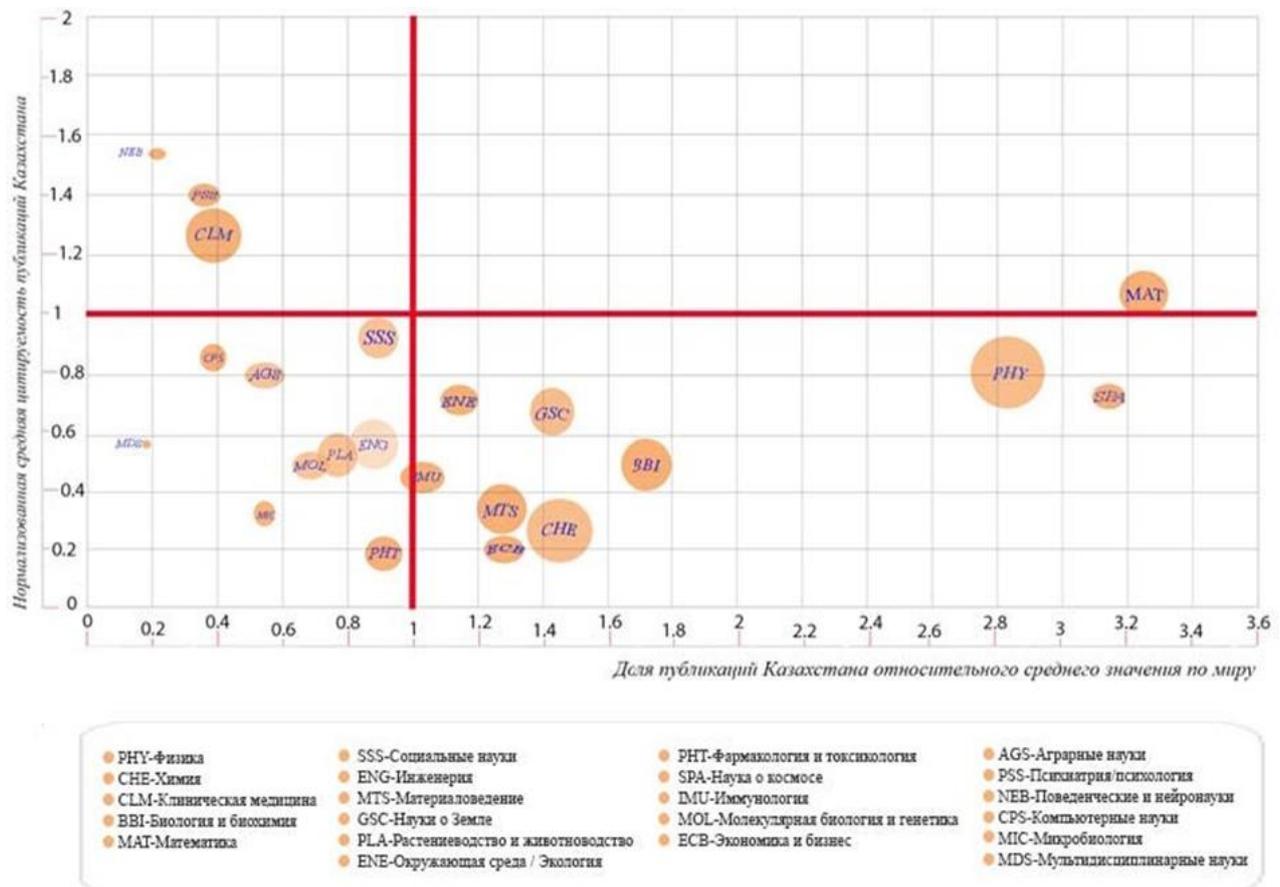


Рисунок 2 – SWOT-анализ  
(Национальная Академия Наук РК Министерства образования и науки РК)

К сильным научным направлениям относятся области знаний, расположенные в правом верхнем квадранте, с высокой цитируемостью и публикационной активностью.

Из отечественных предметных областей в эту категорию попадает только математика. Эта область превышает среднемировые показатели по цитированию в 1,09 раз, а по относительной доле публикаций в 3,25 раз.

Микробиология, мультидисциплинарные науки, молекулярная биология и генетика, фармакология и токсикология, имея самую низкую долю публикаций и цитирований, находятся в левом нижнем квадранте и характеризуются как слабые области. К ним относятся еще растениеводство и животноводство, инженерия, аграрные науки, компьютерные науки и социальные науки.

Развитию поведенческих и нейронаук, психиатрии и психологии, клинической медицины в Казахстане, вероятно, уделяется недостаточно внимания. Об этом свидетельствуют низкие доли их публикаций относительно мирового уровня. Тем не менее, они хорошо цитируются (на 54, 40 и 26% выше среднемирового) и, следовательно, имеют потенциальные возможности в перспективе (левый верхний квадрант).

Правый нижний квадрант, в который отнесены области с высоким количеством публикаций и низкой их цитируемостью, характеризуются как угрозы. Результаты проводимых исследований не востребованы, т.е. не эффективны. Сюда входят биология и

биохимия, химия, экономика и бизнес, материаловедение, науки о Земле, окружающая среда/экология и иммунология. Физика и наука о космосе, превышая в 3,16 и 2,85 раз общемировые значения по количеству публикаций, имеют цитируемость 0,8 и 0,74, то есть ниже, чем средняя по миру в 1,25 и 1,35 раз.

Таким образом, SWOT-анализ, показывая продуктивность и актуальность исследований областей казахстанской науки в сравнении со среднемировыми показателями, позволяет выделить сильные и слабые направления науки Казахстана, а также обозначить возможности и угрозы ее развития, что может использоваться как для оперативной оценки, так и для стратегического планирования ее на длительный период.

SWOT-анализ предметных областей науки Казахстана по состоянию на 01.06.2020 г. показывает, что к сильным сторонам науки относятся: Наука о космосе и Математика, доли публикаций казахстанских ученых и их цитируемость в данных предметных категориях заметно превышают среднемировой уровень (3,5 и 1,26; 3,4 и 1,08 соответственно). К сильным направлениям причисляют Иммунологию. К результату исследований в данной области за последние годы отмечается повышенный интерес со стороны мирового сообщества (на 28% выше среднемирового показателя), публикационная активность здесь также  $>1$ , как отмечено в докладе Национальной Академии Наук РК за 2020 г.

Высокая цитируемость и низкая публикация отмечена в следующих областях: Физика, Химия, Материаловедение, Окружающая среда/Экология, Науки о Земле, Инженерия, Фармакология и токсикология, Биология и биохимия, Социальные науки.

Низкую долю публикаций, но высокий уровень цитируемости имеют следующие предметные области: Клиническая медицина, Молекулярная биология и генетика, Нейро-, поведенческие и Компьютерные науки.

Низкая публикационная активность и низкую цитируемость  $<1$  имеют: Психиатрия/психология, Микробиология, Экономика и бизнес, Растениеводство и животноводство, Аграрные науки, Мультидисциплинарные науки.

Приведенные данные за разные промежутки времени свидетельствуют о сохранении проблемы в публикационной активности и цитируемости казахстанских статей и здесь необходимы более комплексные подходы в разрешении ситуации.

Приведенные данные из базы Scopus демонстрируют эффект введенного Министерством образования и науки требований к научным сотрудникам, а именно необходимости публикаций. Есть требование к количеству публикаций, но нет требований к их качеству. Качественная статья основывается на глубоком исследовании вопроса, его обработки, затрачивается время на доведения исследования до логического конца. Публикации не оплачиваются, стимулирование со стороны руководства университетов к публикации, проведению исследований нет. Невысокая заработная плата подталкивает работников научно-исследовательских институтов и университетов ставить больше акцент на процесс преподавания, как одна из причин. Требование министерства подтолкнуло к повышению количества публикаций и, как результат, казахстанские ученые финансируют журналы «паразиты».

По данным Национальной Академии Наук за 2020 год публикационный массив Казахстана за 2015-2019 годы аффилирован со 117 казахстанскими научными организациями, из которых вузов – 75, НИИ – 39, общественных организаций – 3. Более 60,3% или 8990 публикаций – труды исследователей и профессорско-преподавательского состава вузов [9-12].

Среди лидеров в публикационной активности значатся: Назарбаев Университет, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби. Высокие показатели нормализованной средней цитируемости приходится на публикации Казахского национального медицинского университета им. С. Асфендиярова (4,6, что почти в 5 раз выше среднего мирового уровня цитируемости, равного единице) и Назарбаев Университета (1,1).

**Выводы.** Низкое качество публикации статей казахстанских ученых заключается, прежде всего, низкой заинтересованностью исследователей в проведении качественных научных исследований. Связан данный факт с необходимостью формального их проведения. Почему имеет место быть этому? Ответ кроется в процессе финансирования проектов. Тематика некоторых исследований, получивших финансирование, вызывает сомнения в способности, согласно статьи «Нехватка финансов в науке – не причина, а следствие проблем» (Forbes Kazakhstan, 2016), генерировать современные научные знания, которые могут трансформировать представления о том, каким образом необходимо управлять обществом, экономикой и природными ресурсами.

### Литература

1. Forbes Kazakhstan. (19 август 2016 г.). Нехватка финансов в науке – не причина, а следствие проблем. Получено из [https://forbes.kz/process/science/nehvatka\\_finansov\\_v\\_nauke\\_ne\\_prichina\\_a\\_sledstvie\\_problema](https://forbes.kz/process/science/nehvatka_finansov_v_nauke_ne_prichina_a_sledstvie_problema)
2. Forbes Kazakhstan. (12 апрель 2018 г.). Казахстанская наука и инновации: трудный путь навстречу друг другу. Получено из [https://forbes.kz/process/science/kazahstanskaya\\_nauka\\_i\\_innovatsii\\_trudnyiy\\_put\\_navstrechu\\_drug\\_drugu](https://forbes.kz/process/science/kazahstanskaya_nauka_i_innovatsii_trudnyiy_put_navstrechu_drug_drugu)
3. АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы». (11 июнь 2018 г.). Казахстанская наука и инновации: трудный путь навстречу друг другу. Получено из <https://www.ncste.kz/ru/media/kazahstanskaya-nauka-i-innovatsii-trudnyy-put-navstrechu-drug-drugu>
4. Данилевская О. (22 февраль 2018 г.). По уровню коррупции Казахстан занял 122-ю строчку из 180 стран. Получено из <https://informburo.kz/novosti/kazahstan-zanyal-122-yu-strochku-po-urovnyu-korruptcii-iz-180-stran.html>
5. Измалков С. & Сонин К. Основы теории контрактов (Нобелевская премия по экономике 2016 года – Оливер Харт и Бенгт Хольмстрем). // Вопросы Экономики. – 2017. – №1. – 15 с.
6. Комитет по статистике Министерства национальной экономики РК. Получено 1 июня 2018 г., из <http://stat.gov.kz>
7. Баяхметова А.Т., Саржанов Т.С., Мусаева Г.С. Современное состояние науки Казахстана: влияние заработной платы на индекс цитируемости. Монография. – Алматы: Изд-во «Salem», 2021. – 173 с.
8. Михалкина Е.В. & Скачкова Л.С. Трансформация концепции формирования заработной платы: от простого вознаграждения за труд до эффективных моделей стимулирования труда. // Terra Economicus. – 2012. – № 10(4). – С. 5-9.
9. Национальная Академия Наук РК Министерства образования и науки РК. (2020). Национальный доклад по науке. Астана.
10. Баяхметова Ляз.Т., Баяхметова Лей.Т., Баяхметова А.Т., Саржанов Т.С., Исахова П.Б. Транзакционные издержки и эффективный контракт преподавателей высшей школы. Вопросы современной науки: коллективная научная монография; [под ред. Н.Р. Красовской]. – М.: Изд. Интернаука, 2021. Т.69. DOI:10.32743/25001949.2021.69.323066.
11. Экономика в примерах и интересных фактах. (12 сентября 2014 г.). Зачем повышать зарплату работникам? Получено из <http://porecon.ru/62-pochemu-mnogie-firmy-povyshayut-zarabotnuyu-platu-vyshe-srednei.html>
12. Экономика в примерах и интересных фактах. (17 сентябрь 2014 г.). Теория рыночных сигналов М. Спенса: в чем польза образования? Получено из <http://porecon.ru/65-teorija-rynochnyh-signalov-m-spenza-v-chem-polza-obrazovaniya.html>

## References

1. Forbes Kazakhstan. (August 19, 2016). Lack of finance in science is not the cause, but the consequence of problems. Received from [https://forbes.kz/process/science/nehvatka\\_finansov\\_v\\_nauke\\_ne\\_prichina\\_a\\_sledstvie\\_problem](https://forbes.kz/process/science/nehvatka_finansov_v_nauke_ne_prichina_a_sledstvie_problem)
2. Forbes Kazakhstan. (April 12, 2018). Kazakh science and innovation: a difficult path towards each other. Received from [https://forbes.kz/process/science/kazahstanskaya\\_nauka\\_i\\_innovatsii\\_trudnyiy\\_put\\_navstrechu\\_drug\\_drugu](https://forbes.kz/process/science/kazahstanskaya_nauka_i_innovatsii_trudnyiy_put_navstrechu_drug_drugu)
3. JSC "National Center for State Scientific and Technical Expertise". (June 11, 2018). Kazakh science and innovation: a difficult path towards each other. Received from <https://www.ncste.kz/ru/media/kazahstanskaya-nauka-i-innovacii-trudnyy-put-navstrechu-drug-drugu>
4. Danilevskaya O. (February 22, 2018). Kazakhstan ranked 122nd out of 180 countries in terms of corruption. Received from <https://informburo.kz/novosti/kazahstan-zanyal-122-yu-strochku-po-urovnyu-korruptcii-iz-180-stran.html>
5. Izmalkov S. & Sonin K. Fundamentals of Contract Theory (2016 Nobel Prize in Economics – Oliver Hart and Bengt Holmstrom). // Economic Issues. – 2017. – No. 1. – 15 p.
6. Committee on Statistics of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan. Retrieved June 1, 2018, from <http://stat.gov.kz>
7. Bayakhmetova A.T., Sarzhanov T.S., Musayeva G.S. The current state of science in Kazakhstan: the impact of wages on the citation index. Monograph. – Almaty: Salem Publishing House, 2021. – 173 p.
8. Mikhalkina E.V. & Skachkova L.S. Transformation of the concept of wage formation: from simple remuneration for work to effective models of labor stimulation. // Terra Economicus. – 2012. – No 10(4). – P. 5-9.
9. National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. (2020). National Report on Science. Astana.
10. Bayakhmetova Lyaz.T., Bayakhmetova Ley.T., Bayakhmetova A.T., Sarzhanov T.S., Isakhova P.B. Transaction costs and effective contract of higher school teachers. Questions of modern science: a collective scientific monograph; [edited by N.R. Krasovskaya]. – M.: Ed. Internauka, 2021. Vol.69. DOI:10.32743/25001949.2021.69.323066.
11. Economics in examples and interesting facts. (September 12, 2014). Why raise employees' salaries? Received from <http://popecon.ru/62-pochemu-mnogie-firmy-povyshayut-zarabotnyu-platu-vyshe-srednei.html>
12. Economics in examples and interesting facts. (September 17, 2014). M. Spence's Theory of Market signals: What is the benefit of education? Received from <http://popecon.ru/65-teorija-rynochnyh-signalov-m-spensa-v-chem-polza-obrazovaniya.html>

**БАЯХМЕТОВА А.Т. – э.ғ.д., профессор (Алматы қ., Алматы Менеджмент Университеті)**

**САРЖАНОВ Т.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

**МУСАЕВА Г.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)**

**ҒЫЛЫМҒА ИНВЕСТИЦИЯНЫҢ ДЕНГЕЙГЕ ӘСЕРІ МӘСЕЛЕЛЕРІ  
ЕЛДІҢ ДАМУЫ**

**Аңдатпа**

Қазақстандық ғалымдардың мақалаларын жариялау сапасының төмендігі, ең алдымен, зерттеушілердің сапалы ғылыми зерттеулер жүргізуге қызығушылығының төмендігі болып табылады. Бұл факт оларды ресми түрде жүргізу қажеттілігімен байланысты. Неліктен бұл орын алады? Жауап жобаларды қаржыландыру процесінде жатыр. Қаржыландыруды алған кейбір зерттеулердің тақырыбы қоғамды, экономиканы және табиғи ресурстарды қалай басқару керектігі туралы идеяларды өзгерте алатын заманауи ғылыми білімді қалыптастыру қабілетіне күмән тудырады.

**Түйінді сөздер:** қазақстандық ғылымды дамыту, инвестицияның ғылымға әсері, ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар, SWOT-талдау.

**BAYAKHMETOVA A.T. – d.e.s., professor (Almaty, Almaty Management University)**  
**SARZHANOV T.S. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**  
**MUSAYEVA G.S. – d.t.s., professor (Almaty, Academy of logistics and transport)**

## QUESTIONS OF THE IMPACT OF INVESTMENT IN SCIENCE ON THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF THE COUNTRY

**Abstract**

*The poor quality of the publication of articles by Kazakhstani scientists is, first of all, the low interest of researchers in conducting high-quality scientific research. This fact is connected with the need for their formal implementation. Why is this the case? The answer lies in the process of financing projects. The subject matter of some of the studies that have received funding raises doubts about the ability to generate modern scientific knowledge that can transform ideas about how to manage society, the economy and natural resources.*

**Keywords:** development of Kazakh science, impact of investments on science, research and development work, SWOT analysis.

УДК 629.7

**БАУРЖАНОВ К. – магистрант (г. Нур-Султан, Академия государственного управления при Президенте Республики Казахстан)**

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СУБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АО «МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ АЛМАТЫ»

**Аннотация**

*Международный аэропорт Алматы является важным транспортно-логистическим узлом в Центральной Азии, предоставляющим широкий спектр услуг на международном уровне, и является отечественным лидером по внутренним и международным пассажирским и грузовым авиaperевозкам. Аэропорт Алматы имеет статус международного транспортно-распределительного узла и предназначен для привлечения крупных грузов по маршруту Азия-Евразия. В перспективе Международный аэропорт*

*Алматы сможет использовать все преимущества грузового хаба для рынка более 60 миллионов человек по всей Центральной Азии.*

*В данной работе рассматривается взаимодействие субъектов гражданской авиации, сделан SWOT-анализ, который показал высокую угрозу внутриотраслевой конкуренции, слабые стороны и большое количество возможностей для дальнейшего развития и повышения конкурентоспособности.*

*IATA прогнозирует, что к 2036 году будет путешествовать 7,8 миллиарда пассажиров, и крупнейшим драйвером этого спроса будет Азиатско-Тихоокеанский регион, который станет источником более половины новых пассажиров в течение следующих 20 лет. К 2060-м годам Азиатский регион будет сопоставим с сегодняшними аэропортами Dubai International, Hong Kong International и John F. Kennedy International в США. На горизонте у нас также есть перспектива сверхдальних перевозок, открывающая новые рыночные возможности для Казахстана.*

**Ключевые слова:** авиация, аэропорт, развитие, инфраструктура, инновация.

**Введение.** Гражданская авиация представляет собой сложную и разветвленную систему, в которой, с одной стороны, необходимо усиление надзора и строгого надзора за обеспечением авиационной безопасности и защиты, с другой стороны, необходимо создание условий для предоставления услуг для развития конкурентной среды. Полет – самая востребованная услуга на рынке.

Мировой воздушный транспорт в силу особенностей своего развития испытывает огромное давление мирового экономического кризиса, особенно на энергетическом рынке. Текущие тенденции в международной торговле привели к запланированному спаду на внутреннем рынке авиаперевозок, но экономические и технические меры крупных авиакомпаний и политика сокращения затрат сохранили прибыльность отрасли и заполняли ее места на 79%.

В столь сложной внешней среде необходимо решить задачу создания основ конкурентоспособной отрасли гражданской авиации, особенно отрасли внутренних авиаперевозок Республики Казахстан. Повышению конкурентоспособности отраслей, регионов и предприятий Республики Казахстан в региональном и пространственном масштабе препятствуют нерешенные проблемы в транспортной инфраструктуре.

На данном этапе перед отраслью и системой ее регулирования стоит задача ускоренного и практически одновременного развития инфраструктуры, систем обслуживания, сетей маршрутизации и систем переобучения. Кроме того, авиационная отрасль играет важную роль в транспортной сфере страны в развитии международных отношений и поддержании конкурентоспособности всего транзитного потенциала страны.

Задачей, указанной в плане Министерства развития транспортной инфраструктуры Республики Казахстан, является интеграция воздушного транспорта в общую перспективную модель транспортно-логистических узлов, способных привлекать международные транзитные грузы.

В среднесрочной перспективе, в связи со спецификой существующих в Казахстане региональных населенных пунктов и транспортных сетей, особое внимание будет уделяться развитию гражданской авиации для расширения внутренних перевозок, что необходимо. При этом факторы, ограничивающие стабильное развитие рынка внутренних авиаперевозок в Республике Казахстан, не утратили своей актуальности.

В мировой практике на рынке плановых авиаперевозок используются различные подходы к регулированию воздушного транспорта и технологические разработки. В то же время, с точки зрения безопасности, сектор воздушного транспорта является наиболее зарегулированным сектором на международном уровне. Развитые страны принимают разные концепции промышленного развития, выбор которых зависит от традиций государственного управления и целей социально-экономического развития.

Казахстан особенно заинтересован в изучении развития стабильного внутреннего рынка авиаперевозок, международного опыта авиатранспортной отрасли в целом, поиске механизмов адаптации отрасли к условиям государственного управления, в успешном функционировании внутренних социально-экономических систем и возможности достижения долгосрочных национальных целей устойчивого развития.

В связи с этим изучаются современные методы регулирования авиатранспортной отрасли с целью развития устойчивого внутреннего рынка авиаперевозок и адаптации эффективных методов управления к условиям устойчивых внутренних авиаперевозок в Республике Казахстан. Демографические и экономические потребности в воздушном транспорте являются одним из наиболее актуальных вопросов для развития рынка.

В данной работе рассматривается взаимодействие субъектов гражданской авиации, сделан SWOT-анализ, который показал высокую угрозу внутриотраслевой конкуренции, слабые стороны и большое количество возможностей для дальнейшего развития и повышения конкурентоспособности.

**Основная часть.** Международный аэропорт Алматы является важным транспортно-логистическим узлом в Центральной Азии, предоставляющим широкий спектр услуг на международном уровне, и является отечественным лидером по внутренним и международным пассажирским и грузовым авиаперевозкам. Аэропорт Алматы имеет статус международного транспортно-распределительного узла и предназначен для привлечения крупных грузов по маршруту Азия-Евразия. В перспективе Международный аэропорт Алматы сможет использовать все преимущества грузового хаба для рынка более 60 миллионов человек по всей Центральной Азии.

Всего в Международном аэропорту Алматы в настоящее время обслуживается свыше около 30 пассажирских и около 10 грузовых авиакомпаний, что составляет в среднем 160 рейсов в день, выполняемые такими авиакомпаниями как: Air Astana, Сапсан, Жезказган Эйр, Asia Wings, ГТК Россия, Rusline, Air Arabia, Asiana Airlines, China Southern Airlines, Lufthansa AG, FlyDubai, Hainan Airlines, KLM, Mahan Air, Pegasus Airlines, Turkish Airlines, Scat, Qazaq Air, ГНС Туркменховаеллары, Tajik Air, Аэрофлот, Авиакомпания Россия, Авиакомпания Сибирь, Belavia, ЧАО Международные Авиалинии Украины, Czech Airlines, Узбекские авиалинии, Samon Air, Air Baltic, British Midland International, Etihad Airways и т.д.

Объект обслуживает как внутренние рейсы, так и рейсы в страны СНГ, Китай, Корею. Помимо пассажирских осуществляются и грузовые рейсы в США, Люксембург, Гонконг, Варшаву, Бангкок и другие страны. Большой востребованностью у пассажиров пользуется направление Алматы – Нур-Султан – рейсы ежедневные. Ежедневно по нему осуществляются более 13 рейсов, как прямых, так и с пересадками. Средняя продолжительность полета – 1 час 45 минут.

Международный аэропорт Алматы – 15-я по счету воздушная гавань в портфеле TAV Airports. Холдинг владеет долями и управляет пятью турецкими аэропортами – Эсенбогой в Анкаре, аэропортом Миляс-Бодрум и аэропортами в Измире, Газипаше и Анталии. В портфеле компании есть два грузинских объекта – это аэропорты Тбилиси и Батуми, два македонских – Скопье и Охрид, тунисские аэропорты Энфида и Монастир, аэропорты Медины (Саудовская Аравия), Риги (Латвия), Загреб (Хорватия).

Единственным акционером АО «Международный аэропорт Алматы» является Venus Airport Investments B.V., зарегистрированная в Нидерландах.

Международный аэропорт Алматы расположен в 15 километрах от центра города. Оснащен всей необходимой социально-бытовой инфраструктурой.

Основными видами авиационной и неавиационной деятельности Международного аэропорта Алматы являются данные из таблицы 1.

Таблица 1 – Основные виды авиационной и неавиационной деятельности Международного аэропорта Алматы

№	Авиационная деятельность	Неавиационная деятельность
1	Услуга по обеспечению взлета и посадки воздушного судна	Обслуживание пассажиров в залах VIP
2	Услуга по обеспечению авиационной безопасности	Сдача в аренду и субаренду зданий, помещений, площадей, размещение рекламы
3	Услуга по предоставлению места стоянки воздушному судну сверх 3-х часов после посадки для пассажирских и 6-ти для грузовых и грузопассажирских сертифицированных типов воздушных судов при наличии грузов (почты), подлежащих обработке (погрузке и/или выгрузке) в аэропорту посадки	Предоставление услуг по автопарковке на территории аэропорта
4	Услуга по предоставлению места стоянки воздушного судна на базовом аэродроме	Услуга по предоставлению рабочего места (площади) для регистрации пассажиров, включающая в себя предоставление рабочего места (площади) в здании аэровокзала для проведения регистрации пассажиров
5	Услуга по обслуживанию пассажиров	Оказание агентских услуг по продаже авиабилетов
6	Услуга по предоставлению рабочего места (площади) для регистрации пассажиров	Дополнительные услуги службы авиационной безопасности, включающие в себя изготовление и выдачу личных и транспортных пропусков, карт электронного доступа, охрана ВС
7	Услуга по обработке грузов (убывающих/прибывающих)	Предоставление коммунальных услуг (вода, канализация)
8	Услуга по обеспечению встречи-выпуска воздушного судна	Услуга по предоставлению подъездного пути для проезда подвижного состава
9	Услуга по обеспечению авиаГСМ	Техническое обслуживание линий связи
10	Дополнительные услуги по наземному обслуживанию воздушных судов	Услуги по вывозу мусора
11	Реализация горюче-смазочных материалов в воздушные судна авиакомпаний	Предоставление рекламного расписания авиакомпаниям

12	Реализация и заправка специальных жидкостей, авиационных масел в воздушные суда авиакомпаний	Предоставление услуг по обучению в авиационном учебном центре
13	Прочие услуги СВХ (хранение, погрузочно-разгрузочные работы, расконсолидация грузов)	
14	Услуги хранения горюче-смазочных материалов	
Примечание – составлено автором на основании источника [5]		

Основываясь на ИТ-технологиях, для полного соответствия стандартам и усовершенствования работы по обработке пассажирского и грузового документооборота в 2015 году внедрена единая ИТ-системы E-Freight. Данная процедура доступна для одновременного пользования службой грузовых перевозок, таможенным управлением, авиакомпаниями и экспедиторами. Представительство Международной Ассоциации Воздушного Транспорта в Республике Казахстан, в ноябре 2015 года анонсировало первую успешную отправку электронной грузовой авианакладной (electronic Air Waybill) в Республике Казахстан. На смежной территории с СВХ АО «МКА» расположен бизнес-центр, в котором арендуют офисные помещения представительства авиакомпаний, брокерские конторы и другие.

Кроме того, в структуру TAV Airports Holding входит несколько сервисных компаний, которые оказывают услуги беспрошленной торговли, кейтеринга, наземного обслуживания, информационных технологий, безопасности и лаунж-услуги. Из этих компаний в отчетности обособленно отражены HAVAS (обеспечивает наземный сервис, оказывает транспортные, грузовые и складские услуги) и BTA (работает в сфере воздушного общепита). Как раз HAVAS и грузинское подразделение TAV Airports внесли за первое полугодие самый значительный вклад в EBITDA холдинга – 13,0 млн и 8,2 млн евро соответственно. В отчете TAV Airports Holding указывает, что рост EBITDA в первом полугодии составил 351% (24 млн евро в 2021-м против минус 10 млн евро в первом полугодии 2020-го). Такие показатели в документе объясняются не только низкой базой, но и присоединением к активам холдинга аэропорта Алматы. Он упоминается как фактор положительного влияния практически во всех основных сегментах: «Дополнительный рост доходов от наземного обслуживания пришелся на Алматы», «Алматы положительно повлиял на показатели общественного питания» и т.д. Это отражает рисунок 1, по аэропортам, входящим в холдинг группы TAV Airports Holding [3].

**Результаты.** В настоящее время, отчетность показала, как была структурирована сделка по продаже Алматинского аэропорта. Для этого создано SPV (компания специального назначения), которое контролирует 100% в аэропорту и связанных с ним предприятиях, предоставляющих услуги по поставке топлива и кейтерингу. 85% акций SPV принадлежат TAV Airports Holding, оставшиеся 15% у Kazakhstan Infrastructure Fund под управлением VPE Capital.

Общая сумма сделки составила \$422 млн, из них \$372 млн уже уплачены, а еще \$50 млн – отсроченный платеж, который зависит от скорости восстановления трафика до уровня 2018-2019 годов. Однако по условиям сделки до 2030 года оставшиеся \$50 млн новому акционеру придется заплатить в любом случае.

TAV Airport Holdings предупредила в своем отчете за первое полугодие, что инвестирует около 200 миллионов долларов в новый международный терминал, что увеличит пропускную способность аэропорта с 7 миллионов до как минимум 14 миллионов человек каждый год. Ожидается, что строительство продлится два-три года. Единственный

акционер АО «Международный аэропорт Алматы» в последних числах июля утвердил годовую финансовую отчетность за 2020 год, зафиксировав убыток 3,7 млрд тенге, и принял решение не выплачивать дивиденды за 2020 год.

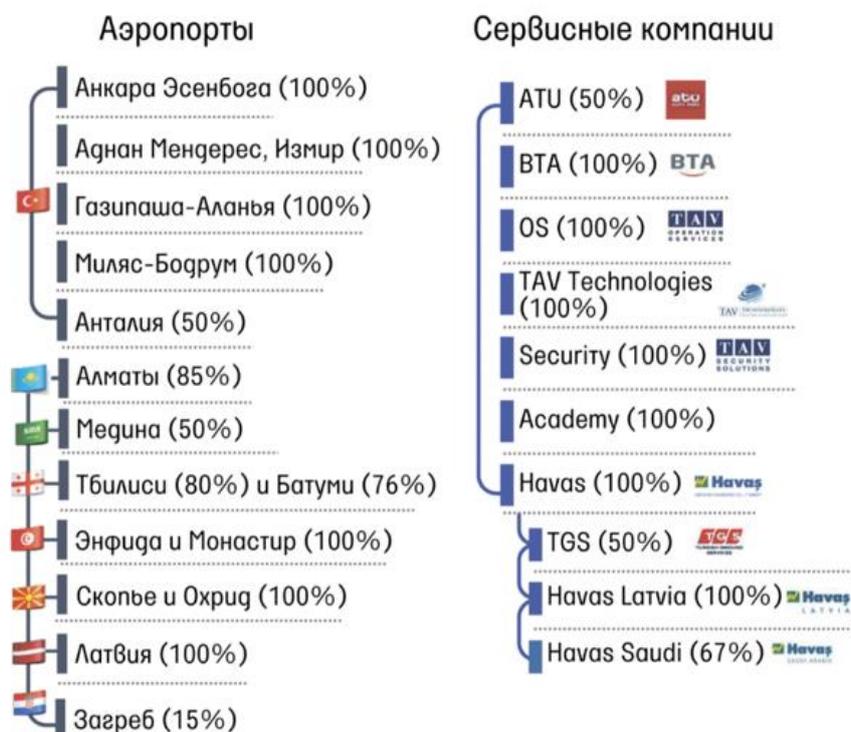


Рисунок 1 – Структура TAV Airports Holding

В течение 2020 года дивиденды по финансовым результатам за 2019 года были выплачены в размере 8 448 000 тыс. тенге. В 2020 году было увеличено количество регистрационных стоек до 54 штук.

Услуги в аэропорту, согласно данным сайта аэропорта [5]:

- 1) современные табло для выведения информации о пребывающих и убывающих авиалайнерах;
- 2) бюро для получения справок;
- 3) несколько регистрационных стоек для обслуживания пассажиров международных и внутренних рейсов;
- 4) несколько точек общественного питания;
- 5) камеры хранения;
- 6) пункт обмена иностранных валют и банкоматы;
- 7) пункт оказания первой медицинской помощи;
- 8) несколько касс по продаже билетов;
- 9) почтовое отделение.

Кроме того, бесплатный доступ в Интернет (Wi-Fi), бронирование отелей и прокат автомобилей доступны для тех, кто прибывает и покидает Международный аэропорт Алматы. Родильный зал оборудован удобной детской кроваткой, пеленальным столиком, стульями для родителей, детской площадкой и мини-кухней. Из всех международных аэропортов холдинга восстановление было самым сильным в Алматы, где пассажиропоток внутренних рейсов вырос на 50% на конец первого полугодия по сравнению с 2019 годом, а международных рейсов – на 44% в годовом исчислении, за год до пандемии (рисунок 2).

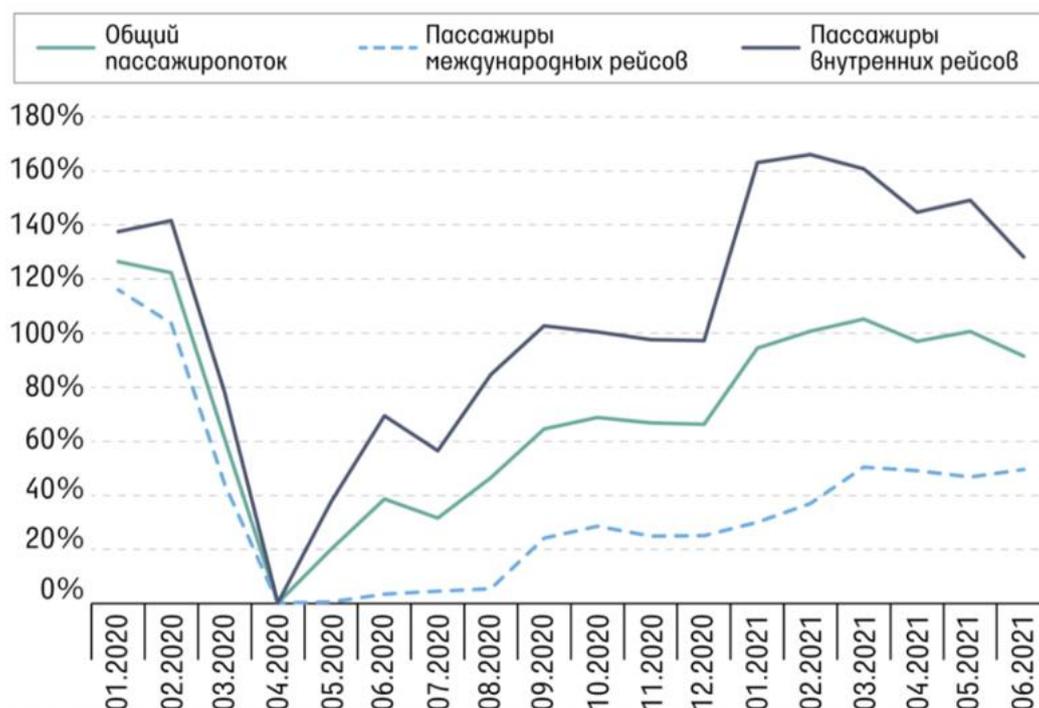


Рисунок 2 – Динамика прироста пассажиропотока в аэропорту Алматы в 2021 г. в сравнении с 2019 г.

Данные по финансовым отчетам и деятельности аэропорта, в частности движения основных средств, изменения капитала за период представлены в консолидированной финансовой отчетности на 31.12.2019 г., из открытого доступа. За два месяца работы в Алматы консолидированная выручка увеличилась на 19,5 млн евро. За два месяца аэропорт Алматы внес 5,5 млн евро в консолидированную EBITDA, и таким образом сгенерировал 23% EBITDA за первую половину 2021 года [4].

Связанные дочерние и зависимые компании в таблице 2.

Таблица 2 – Дочерние и зависимые компании

Наименование юридического лица	Дата и номер государственной регистрации	Дата создания и вид деятельности	Примечания
ТОО «Almaty Catering Services»	Свидетельство №12699-1910-ТОО от 23.05.2005 г., г. Алматы, ул. Закарпатская, 27а	23.05.2005 г. Производство бортового питания	АО владеет 100% долей участия в ТОО «Almaty Catering Services»
ТОО «Алматы ЗТО»	Свидетельство №12699-1910-ТОО от 17.08.2018 г., г. Алматы, ул. Байзакова, д. 280 БЦ «Алматы Тауэрс»	17.08.2018 г. Оказание логистических услуг	АО владеет 100% долей участия в ТОО «Алматы ЗТО». В августе 2020 г. был продан.

ТОО «Almaty FBO»	БИН 190440023773 г. Алматы, ул. Майлина, здание 2	17.04.2019 г. Оказание услуг ВИП обслуживания чартерных рейсов	АО владеет 100% долей участия в ТОО «Almaty FBO»
Примечание – составлено автором на основании источника [4]			

Взаимодействие с заинтересованными субъектами представлено ниже в таблице 3.

Таблица 3 – Взаимодействие с заинтересованными субъектами

Заинтересованные субъекты	Комплекс мероприятий
Пассажиры, авиакомпания	Приоритет в отношениях с потребителями – качество обслуживания, что подразумевает обеспечение безопасности полетов, удобство и комфорт пассажиров, надлежащее оказание наземных услуг авиакомпаниям и пр. Индивидуальный подход к каждому пассажиру и авиакомпании.
Акционер	Во взаимоотношениях с акционером наша работа направлена на обеспечение устойчивого роста и повышение акционерной стоимости аэропорта. Мы высоко ценим права акционера и стремимся предоставлять ему интересующую его информацию своевременно и в полном объеме.
Сотрудники	Обеспечение безопасности труда и здоровья; Информирование сотрудников о деятельности АО; Содействие профессиональному развитию.
Финансовые институты	В основе взаимоотношений с финансовыми институтами повышение инвестиционной привлекательности компании через постоянное совершенствование системы корпоративного управления и повышение операционной эффективности. Стремимся к максимальному раскрытию сведений, интересующих инвесторов, в годовых отчетах, на вебсайте компании, а также в СМИ.
Органы государственной власти	Тарифная политика. Содействие развитию региона и города. Соблюдение законодательства, в том числе по вопросам соблюдения экологических и природоохранных требований.
Поставщики, деловые партнеры	Взаимодействие с поставщиками и деловыми партнерами направлено на развитие надежных, долгосрочных отношений. Наши взаимоотношения в данной области строятся на принципах соблюдения деловой этики и строгого исполнения договорных обязательств. Обеспечение прозрачности при проведении тендеров.
Местное население	Взаимодействие с местным населением направлено на развитие сотрудничества в вопросах модернизации социальной инфраструктуры, трудоустройства, развития образования, среднего и малого бизнеса.

Учебные заведения	Стажировка и трудоустройство выпускников в области гражданской авиации.
Неправительственные организации (НПО)	Содействие в решении экологических и социальных вопросов.
Профсоюз	Выполнение коллективного договора; Содействие в организации досуга и отдыха сотрудников.
Примечание – составлено автором на основании источника [4]	

**Обсуждение и выводы.** Глобализация мировой экономики привела к стремительному росту спроса на международные пассажирские авиаперевозки. Глобализация и усиление конкуренции на рынке авиаперевозок вынуждают авиакомпании оказывать качественные услуги своим клиентам. Конкурентоспособность влияет на имидж авиакомпании, экономические показатели и перспективы роста. Это, в свою очередь, направлено на поддержание и повышение качества авиатранспортных услуг и требует соблюдения требований потребителей и действующих международных стандартов во всех основных бизнес-процессах авиакомпании.

Конкурентоспособность является ключевым условием развития любой организации. Чтобы быть конкурентоспособной, организации необходимо предпринимать регулярные шаги по модернизации процесса и внедрению определенных технических и высокотехнологичных стандартов. Целью процесса должно быть создание необходимых условий для его функционирования. В связи с этим организациям необходимо реструктурировать производство по качеству и цене, как того требуют отечественные и международные стандарты, вне зависимости от макроэкономических условий. Преодоление основных препятствий и достижение высокого качества в соответствии с международными стандартами является основой для получения конкурентного преимущества.

Пандемия COVID-19 нарушила работу многих секторов экономики и ввергла мир и многие компании в кризис. Мировая авиационная отрасль является регионом, наиболее пострадавшим от пандемии. Спрос на авиаперевозки резко упал из-за распространения коронавируса и ограничений на поездки во многих странах. В условиях, когда пандемия идет на спад, основным фактором, влияющим на конкурентоспособность компании, затраты и прибыль, является увеличение количества пассажиров, пассажиропотока и активов.

Руководство АО «Международный аэропорт Алматы» придерживается опубликованных принципов и рекомендаций по развитию квалификации персонала, поддерживает инициативы, предпринимаемые всеми сотрудниками для достижения целей в области качества, и желает эффективно сотрудничать со всеми заинтересованными сторонами.

Учитывая международный характер аэропортов, существует множество различных международных законов и правил, которые аэропорт должен учитывать при досмотре пассажиров. В последние годы подписывается все больше международных соглашений о либерализации авиации. Политический инструмент, используемый правительствами для определения авиационных правил.

В последние годы было много разговоров о расширении аэропорта. Однако это вызвало резкую критику со стороны местного населения. Однако это обычно намного сложнее, и обычно ищут золотую середину: Терминал 3, в конечном итоге, появится, но он должен быть в относительно редкой заземленной зоне.

Аэропорт сильно зависит от правительства Республики Казахстан и, в некоторой степени, иностранных правительств с обязательными соглашениями на европейском

уровне. В некоторых случаях это может быть проблемой.

В заключение можно сделать вывод, что не только технологический прогресс отрасли претерпит существенные изменения в ближайшие годы, но и в связи с изменениями в законодательстве, стабильностью и изменением ожиданий клиентов. Авиационная отрасль постоянно развивается, и за десятилетия она доказала свою адаптивность. Главное, чтобы страна и руководство продолжали прислушиваться к клиентам, и идти в ногу с технологиями.

Внедрение новых технологий и анализ их влияния очень важны для финансово-хозяйственной деятельности компании. Внедрение новых технологий позволит снизить себестоимость продукции, тем самым увеличив выручку компании, а анализ внедрения новых технологий даст возможность руководству компании реализовать наиболее оптимальные и точные управленческие решения. Поэтому в целях повышения качества обслуживания пассажиров определены основные сервисы и услуги, предоставляемые современными аэропортами: перечень обязательных и дополнительных услуг, а также перечень платных и бесплатных услуг, оказываемых аэропортом.

### Литература

1. Правительство Республики Казахстан. Закон «Об использовании воздушного пространства Республики Казахстан и деятельности авиации» №339-IV от 7 января 2020 г. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z100000339>
2. Официальный сайт Комитета гражданской авиации Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан КГА МИИР РК. <https://www.gov.kz/memleket/entities/aviation>
3. Официальный сайт TAV Airports Holding. <https://tavhavalimanlari.com.tr>
4. Годовой отчет АО «Международный аэропорт KASE». [https://kase.kz/files/emitters/ARAL/aralf6\\_2020\\_cons\\_rus.pdf](https://kase.kz/files/emitters/ARAL/aralf6_2020_cons_rus.pdf)
5. Официальный сайт Международного аэропорта Алматы. <https://www.alairport.com>
6. Официальный сайт Международного аэропорта «Нурсултан Назарбаев». URL: <https://www.nn-airport.kz/>
7. Байбеков Ш. Рост перевозок – еще не развитие. – 2022. <https://transportrussia.ru/razdely/vozdushnyj-transport/8212-rost-perevozok-eshche-ne-razvitie.htm>
8. Долгая С. Крупнейший канадский авиаперевозчик будет развивать беспилотную доставку грузов. / Logist today. – 16 ноября 2020 г. [https://logist.today/dnevnik\\_logista/2020-11-16/kрупnejshij-kanadskij-aviaperevozchik-budet-razvivat-bespilotnuju-dostavku-gruzov/](https://logist.today/dnevnik_logista/2020-11-16/kрупnejshij-kanadskij-aviaperevozchik-budet-razvivat-bespilotnuju-dostavku-gruzov/)
9. Белоус О.П. Менеджмент: конкурентоспособность и эффективность / О.П. Белоус. – М.: Изд-во Питер, 2017. – 202 с.
10. Лифшиц И.М. Теория и практика оценки конкурентоспособности товаров и услуг / И.М. Лифшиц – 2-е изд., доп. и испр. – М.: Юрайт, 2017. – 224 с.
11. Вороницына Г.С. Тенденции развития пассажирских перевозок и дополнительных услуг в гражданской авиации. // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2016. – С. 39-45.

### References

1. The Government of the Republic of Kazakhstan. The Law "On the Use of the Airspace of the Republic of Kazakhstan and aviation activities" No. 339-IV dated January 7, 2020. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z100000339>
2. The official website of the Civil Aviation Committee of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan of the KGA MIIR RK. <https://www.gov.kz/memleket/entities/aviation>

3. Official website of TAV Airports Holding. <https://tavhavalimanlari.com.tr>
4. Annual Report of JSC "KASE International Airport. [https://kase.kz/files/emitters/ARAL/aralf6\\_2020\\_cons\\_rus.pdf](https://kase.kz/files/emitters/ARAL/aralf6_2020_cons_rus.pdf)
5. Official website of Almaty International Airport. <https://www.alaport.com>
6. The official website of the International airport "Nursultan Nazarbayev". URL: <https://www.nn-airport.kz/>
7. Baibekov Sh. The growth of transportation is not yet development. – 2022. <https://transportrussia.ru/razdely/vozdushnyj-transport/8212-rost-perevozok-eshche-ne-razvitiye.htm>
8. Dolgaya S. The largest Canadian air carrier will develop unmanned cargo delivery. // Logist today. – November 16, 2020. [https://logist.today/dnevnik\\_logista/2020-11-16/krupnejshij-kanadskij-aviaperevozchik-budet-razvivat-bespilotnuju-dostavku-gruzov/](https://logist.today/dnevnik_logista/2020-11-16/krupnejshij-kanadskij-aviaperevozchik-budet-razvivat-bespilotnuju-dostavku-gruzov/)
9. Belous O.P. Management: competitiveness and efficiency / O.P. Belous. – М.: Publishing House of St. Petersburg, 2017. – 202 p.
10. Lifshits I.M. Theory and practice of assessing the competitiveness of goods and services / I.M. Lifshits. – 2nd ed., add. and ispr. – М.: Yurayt, 2017. – 224 p.
11. Voronitsyna G.S. Trends in the development of passenger transportation and additional services in civil aviation. // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2016. – pp. 39-45.

**БАУЫРЖАНОВ Қ. – магистрант (Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Мемлекеттік басқару Академиясы)**

### **«АЛМАТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ӘУЕЖАЙЫ» АҚ ҚЫЗМЕТІНІҢ МЫСАЛЫНДА АЗАМАТТЫҚ АВИАЦИЯ СУБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ӨЗАРА ІС-ҚИМЫЛЫ**

#### ***Аңдатпа***

*Алматы халықаралық әуежайы халықаралық деңгейде қызметтердің кең спектрін ұсынатын Орталық Азиядағы маңызды көлік-логистикалық торап болып табылады және ішкі және халықаралық жолаушылар және жүк авиатасымалдары бойынша отандық көшбасшы болып табылады. Алматы әуежайы халықаралық көлік-тарату торабы мәртебесіне ие және Азия-Еуразия бағыты бойынша ірі жүктерді тартуға арналған. Болашақта Алматы халықаралық әуежайы бүкіл Орталық Азия бойынша 60 миллионнан астам адам үшін жүк хабының барлық артықшылықтарын пайдалана алады.*

*Бұл жұмыста азаматтық авиация субъектілерінің өзара іс-қимылы қарастырылады, SWOT-талдау жасалды, ол салаишілік бәсекелестіктің жоғары қатерін, әлсіз жақтарын және бәсекеге қабілеттілікті одан әрі дамыту мен арттыру үшін көптеген мүмкіндіктерді көрсетті.*

*IATA 2036 жылға қарай 7,8 миллиард жолаушы сапар шегеді деп болжайды, бұл сұраныстың ең үлкен драйвері Азия-Тынық мұхиты аймағынан келеді, бұл алдағы 20 жыл ішінде жаңа жолаушының жартысынан көбінің көзі болады. 2060 жылдарға қарай Азия аймағын қазіргі Дубай халықаралық, Гонконг халықаралық және АҚШ-тағы Джон Ф. Кеннеди халықаралық әуежайларымен салыстыруға болады. Сондай-ақ біздің көкжиекте Қазақстан үшін жаңа нарықтық мүмкіндіктер ашатын тым ұзақ жолдың болашағы бар.*

***Түйінді сөздер:** авиация, әуежай, даму, инфрақұрылым, инновация.*

**BAURZHANOV K. – master's student (Nur-Sultan, Academy of Public Administration under the President of the Republic of Kazakhstan)**

## **INTERACTION OF SUBJECTS OF CIVIL AVIATION ON THE EXAMPLE OF JSC "INTERNATIONAL AIRPORT ALMATY"**

### ***Abstract***

*Almaty International Airport is an important transport and logistics hub in Central Asia, providing a wide range of services at the international level, and is a domestic leader in domestic and international passenger and cargo air transportation. Almaty Airport has the status of an international transport and distribution hub and is designed to attract large cargoes on the Asia-Eurasia route. In the future, Almaty International Airport will be able to use all the advantages of a cargo hub for a market of more than 60 million people throughout Central Asia.*

*In this paper, the interaction of civil aviation entities is considered, a SWOT analysis is made, which showed a high threat of intra-industry competition, weaknesses and a large number of opportunities for further development and increasing competitiveness.*

*IATA predicts that 7.8 billion passengers will travel by 2036, and the largest driver of this demand will be the Asia-Pacific region, which will be the source of more than half of new passengers over the next 20 years. By the 2060s, the Asian region will be comparable to today's Dubai International, Hong Kong International and John F. Kennedy International airports in the United States. We also have the prospect of ultra-long-distance transportation on the horizon, opening up new market opportunities for Kazakhstan.*

**Keywords:** *aviation, airport, development, infrastructure, innovation.*

УДК 656.2:658.012.011.56

**ПЕРЕВЕРТОВ В.П. – к.т.н., доцент (Российская Федерация, г. Самара, Самарский государственный университет путей сообщения)**

**ЧЕРТЫКОВЦЕВА Н.В. – к.т.н., доцент (Российская Федерация, г. Самара, Самарский государственный университет путей сообщения)**

**АБУЛКАСИМОВ М.М. – ст. преподаватель (Российская Федерация, г. Москва, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)**

**АКАЕВА М.О. – к.т.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

## **ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА**

### ***Аннотация***

*В статье представлена диагностическая система оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза, составными элементами которой являются: алгоритм диагностирования и подбор аппаратных средств при импортозамещении, структурно-функциональная схема (модель). Система адаптирована к изменениям температуры наружного воздуха за счет применения методов идентификации тепловых параметров в режимах охлаждения-прогрева силовых установок тепловозов; реализована*

на основе контроллера-конструктора LDM-SAM7X128. Программное обеспечение написано на языке C++ с частичным использованием языка Assembler.

**Ключевые слова:** тепловоз, дизель, водяная (масляная) система, охлаждение, алгоритм, диагностическая автоматизированная система, датчики, контроллер.

**Введение.** Работа посвящена вопросу повышения надежности системы охлаждения силового оборудования (дизелей) тепловозов и путевых машин (ПМ) при их эксплуатации в условиях ОАО «РЖД» с учетом контроля параметров и технического состояния машины, составными частями которой являются:

1. Построение и изучение структурно-функциональных и математических моделей;
2. Исследование систем диагностики (СД);
3. Поддержание заданных условий выполнения оборудования;
4. Предупреждение поломок и своевременная остановка оборудования в аварийных ситуациях;

5. Прогнозирование развивающихся дефектов, приводящих к отказам с целью уточнения сроков ремонта;

6. Проверка качества ремонта;

7. Исключение вредного влияния технологических сред (шум, вибрации и т.д.) на машиниста. Для обеспечения надежной работы силового оборудования (ДВС, электродвигатели и т.д.) тепловозов и ПМ диагностика отказов (дефектов, неисправностей) должна осуществляться на всех этапах его срока службы:

- проектирования;
- установки и монтажа;
- эксплуатации;
- на стадии ремонтных работ.

**Основная часть.** Наиболее важным в железнодорожной отрасли является автоматизация выполнения диагностических работ на стадии эксплуатации и ремонта.

Программно-аппаратная система, осуществляющая функции диагностирования технического объекта в автоматическом (автоматизированном) режиме называется системой диагностирования (СД) и состоит из:

1. Подсистемы аппаратных средств (технологические датчики – контактные и бесконтактные на основе лазерных, ультразвуковых, фотонных селективных, волоконно-оптических методов измерения и т.д.);

2. Подсистемы программных средств, реализованная на основе контроллера-конструктора LDM-SAM7X128. Программное обеспечение написано на языке C++ с частичным использованием языка Assembler.

При разработке СД должны выполняться основные требования:

- 1) модульность построения и открытость структуры;
- 2) гибкость связей и оптимальный алгоритм диагностирования (рисунок 1);
- 3) рациональность соотношения программных и аппаратных подсистем;
- 4) рациональность обработки поступающей информации на микрокомпьютере и непосредственно на аппаратных средствах обработки измерительной информации (периферии СД);
- 5) быстрая перенастраиваемость и восстанавливаемость в условиях РЖД;
- 6) рациональность сочетания достаточной точности диагностирования с высокой производительностью;
- 7) инвариантность систем контроля и диагностики программно-адаптивного управления;
- 8) эргономичность и визуальный комфорт машиниста-оператора.

Одним из требований информационного обеспечения системы диагностирования ДВС является матрица отказов и матрица соответствия кодовых слов отказов и измеряемых параметров модуля, формирующиеся на основе статистики отказов. Разработан алгоритм

диагностирования (рисунок 1), который можно использовать на уровне диагностики ПС и ПМ при наличии соответствующих матриц [3-9]. Для определения технического состояния ПС и ПМ можно применять преобразования, инвариантные к неинформативным параметрам ПМ и датчики, структуры которых инвариантны к неинформативным параметрам, воздействующим как на сам объект управления, так и на элементы структуры датчиков. При этом повышается точность определения технического состояния ПС (ПМ), а обеспечение высокой надежности возможно при создании СД с развитой математической инфраструктурой на базе ЭВМ [4-8]. Система диагностики (СД) – это технологический процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью с указанием места, вида и причин отказов (дефектов), пути выхода из состояния отказа с использованием следующих методов диагностирования:

**1. Метод временных интервалов** применяется для анализа простоев, определения показателей надежности, контроля режимов работы, расчета кинематических, гидравлических параметров и т.д., и позволяет осуществить первичную локализацию места дефекта (неисправности).

**2. Метод эталонных моделей** основан на сравнении числовых значений параметров (крутящих моментов, давлений, вибраций и т.д.) с их паспортными данными и нормами технических условий.

**3. Метод эталонных зависимостей** основан на сравнении экспериментально полученных функциональных зависимостей параметров проверяемого узла системы с эталонными, найденными расчетным или экспериментальным путем, что позволяет повысить достоверность диагноза.

**4. Метод эталонных осциллограмм** применяется для выявления дефектов оборудования, для которого характерны низкочастотные динамические процессы и создании базы осциллограмм, характеризующих ее дефекты. Высокая информативность, наглядность используется при профилактике, уточнении диагноза.

**5. Метод сопоставления и наложения осциллограмм** основан на анализе одновременно записанных осциллограмм различных параметров или одного и того же параметра и эффективен при диагностировании профилактических осмотрах.

**6. Корреляционные методы** применяются для обнаружения отклонений в характере зависимости между параметрами (взаимная корреляция) или в изменении параметра во времени.

**7. Спектральные и спектрально корреляционные методы** основаны на выделении и изменении составляющих сложных сигналов от высоко и низкочастотных процессов. Используются при виброакустических методах диагностирования, требуют сложной аппаратуры и математического обеспечения.

**8. Метод определения предельных (аварийных) состояний** основан на обнаружении факта без точного количественного определения выходных параметров технологических систем в недопустимый диапазон: понижение уровня масла в гидросистеме прессы, повышение температуры масла, отключение электроэнергии и т.д.

**9. Тестовые методы диагностирования** – подача стимулирующих сигналов.

Из рассмотренных методов для диагностирования привода ПС (ПМ) могут быть использованы методы 1-5, 9; для диагностирования системы управления – 1, 4, 9; для диагностирования основных механизмов и вспомогательных устройств – все методы. Целесообразно при эксплуатации ПМ проводить диагностирование его элементов с применением различных методов и выделением перспективных их комбинаций для последующего использования. Программное обеспечение создается в процессе разработки систем управления с пакетом диагностических программ. На рисунке 1 представлен алгоритм функционирования системы диагностики, составными частями которой является банк статистик отказов, банк диагностических сообщений и банк способов выхода из состояния отказа [4-8].

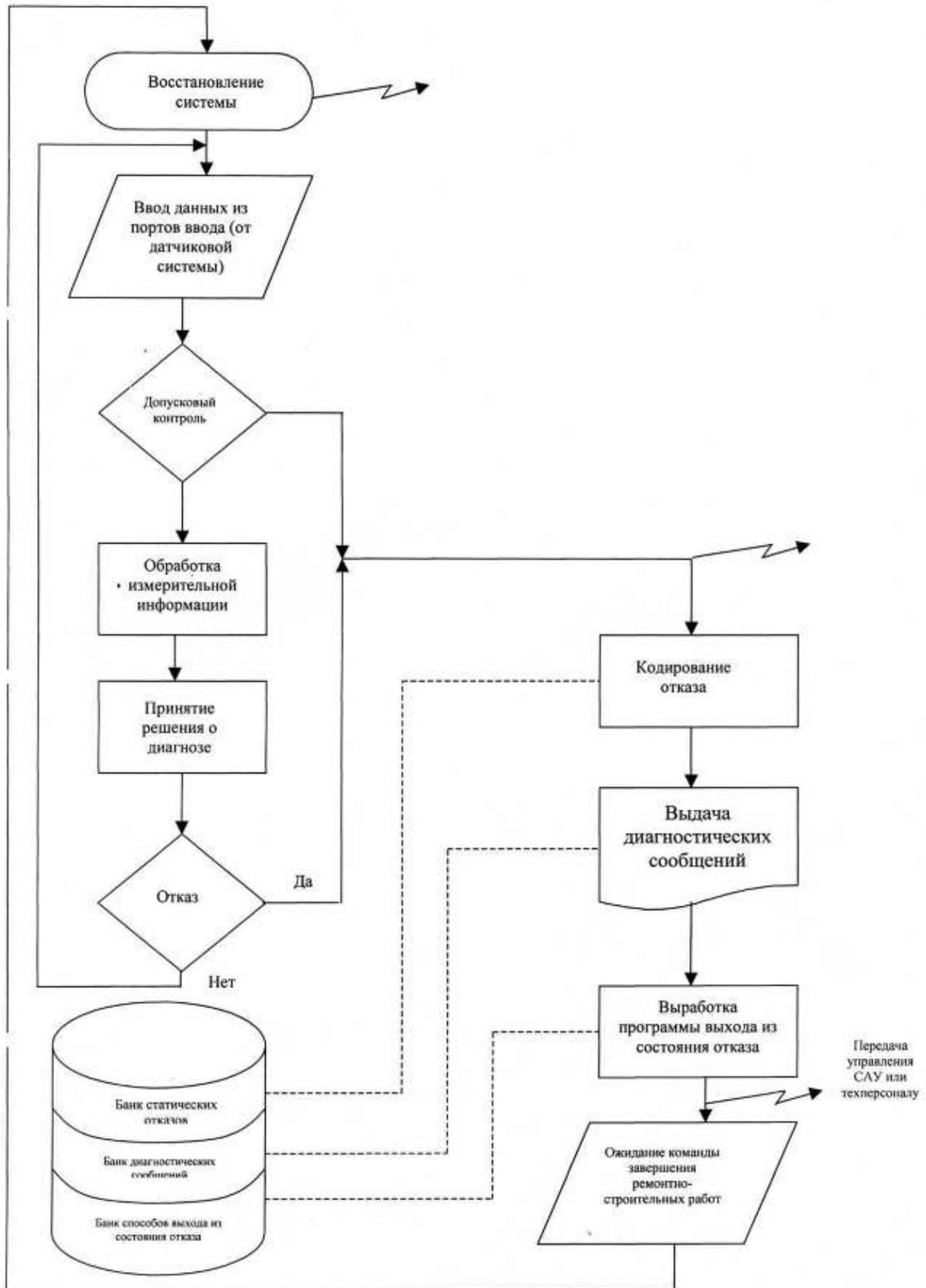


Рисунок 1 – Алгоритм диагностирования

При создании, модернизации и совершенствовании тепловозных систем охлаждения важно установить влияние конструктивных, эксплуатационных и теплотехнических факторов на протекание процессов тепломассообмена в режимах свободного охлаждения силовых установок тепловозов (ПМ) и выбрать наиболее оптимальные решения из множества вариантов с применением экспериментальных и математических методов моделирования. Экспериментальные методы дают наиболее достоверные результаты, однако они трудоемки и не дают практически проверить многие варианты.

Для решения этой задачи проведен анализ различных способов и систем охлаждения (нагрева) силового оборудования (ДВС) на основе использования общепринятой математической модели процессов нагрева/охлаждения. Спроектированная СД базируется на математической модели, которая учитывает изменение температуры окружающей среды. При моделировании процессов охлаждения элементов водяной системы тепловозного дизеля водяная система рассматривалась как регулируемый объект системы автоматического регулирования теплового состояния энергоустановки тепловоза [1-4]. Регулирующей величиной является тепловая мощность, передаваемая водяной системе в результате работы дизеля на холостом ходу, представляющая собой температуру воды в контролируемых элементах водяной системы. Предложенная модель может быть распространена на большинство элементов водяной системы энергоустановки. Вместе с тем синтез водяной системы теплового состояния энергоустановки тепловоза основывается на контроле температуры воды в наиболее теплоемком элементе водяной системы.

Система оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза предназначена для измерения, обработки, отображения и регистрации температуры теплоносителей в масляной и водяной системах тепловозного дизеля и автоматического регулирования режимами их охлаждения и решает следующие задачи:

1. Измерение и отображение в реальном времени температуры воды в водяной системе дизеля (+ 20 до + 80 °С), масла в масляной системе дизеля (+ 10 до + 60 °С) с пределом допустимого значения погрешности измерения  $\pm 5\%$ ;

2. Выбор оптимального режима охлаждения теплоносителей. Выполнение задач происходит на основе предложенной СД дизеля, которая имеет двухуровневую архитектуру и состоит:

- из уровня датчиков;

- из уровня оператора, который объединяет в себе функции сбора данных и взаимодействие с машинистом. СД включает в себя блок ввода-вывода информации; блок анализа данных и управления; блок управления исполнительными органами (агрегатами) и датчики температуры.

Алгоритм функционирования системы охлаждения предусматривает четыре основных режима работы:

1. Ввод параметров для оценки технического состояния системы с установкой реального времени, температурных параметров секций ТА и теплоносителей (вода, масло).

2. Режим контроля температуры секций теплового модуля – производится замер температуры теплоносителя на выходе из секций теплового аккумулятора (ТА). Если температура соответствует рекомендованным значениям, то система работает в нормальном состоянии. Если температура превышает заданные, то модуль включается в общую цепь.

3. Режим контроля температуры холодильника – производится замер температуры воды в системе охлаждения и температуры масла в масляной системе дизеля. В зависимости от их значений может быть три варианта забора тепла.

4. Комбинированный режим забора тепла – предварительно осуществляется проверка температуры теплоносителей (вода, масло). Если температуры соответствуют необходимым по техническим требованиям, то прокачка теплоносителей не включена и идет постоянный опрос датчиков температуры воды и температуры масла. Система

находится в состоянии ожидания. Если температуры теплоносителей выше допустимых норм, то включается процесс их прокачки через секции 1 и 2 модуля. Если необходимо охлаждение только воды, то включается процесс прокачки воды через секцию 1 модуля. Если необходимо охлаждение только масла, то включается процесс охлаждения теплоносителя через секцию 3 модуля.

Выбор аппаратного обеспечения (технологических датчиков) осуществлялся с учетом следующих критериев:

1. Элементы аппаратного обеспечения должны надежно функционировать в диапазоне рабочих температур от  $-40$  до  $+85$  °С;
2. Питание – от бортовой сети тепловоза напряжением  $(75 \pm 20)$  В;
3. Потребляемая мощность всей системой – не более 30 Вт;
4. Время установления рабочего режима – не более 1 ч;
5. Невозможность непосредственного контакта температурных датчиков с измеряемой средой.

С учетом вышеперечисленных требований для реализации устройства контроля и управления системой охлаждения выбран контроллер-конструктор LDM-SAM7X128 фирмы-производителя Ldm-systems (РФ). Для замера температуры выбран бесконтактный термодатчик ES1B компании Omron, отличительной особенностью которого является высокая чувствительность и точность измерения (погрешность измерения 2-4%) при расстоянии от объекта до 1,5 см.

Блок управления исполнительными органами (агрегатами) реализован в виде 9 модулей гальванической развязки 70G-ODC5A фирмы Grayhill и монтажной панели серии MPB-16 для их установки.

ЖКИ и клавиатура были заменены на единый элемент – панель оператора AT71 (ФРГ).

Функциональная схема диагностической системы дизеля тепловоза приведена на рисунке 2.

Разработка программного обеспечения для контроллера-конструктора велась с использованием компилятора IAR C для микроконтроллеров фирмы Atmel в среде IAR Embedded Workbench. При написании программного обеспечения использовался модульный принцип построения программ, то есть каждая задача реализуется в отдельном модуле и подключается при необходимости.

Программное обеспечение состоит из шести модулей:

- модуль ввода сигналов от датчиков;
- модуль отображения результатов измерений температуры теплоносителей;
- модуль выбора режима прогрева;
- модуль создания управляющего воздействия на блок исполнительных агрегатов;
- составления отчётов;
- модуль сервисной программы.

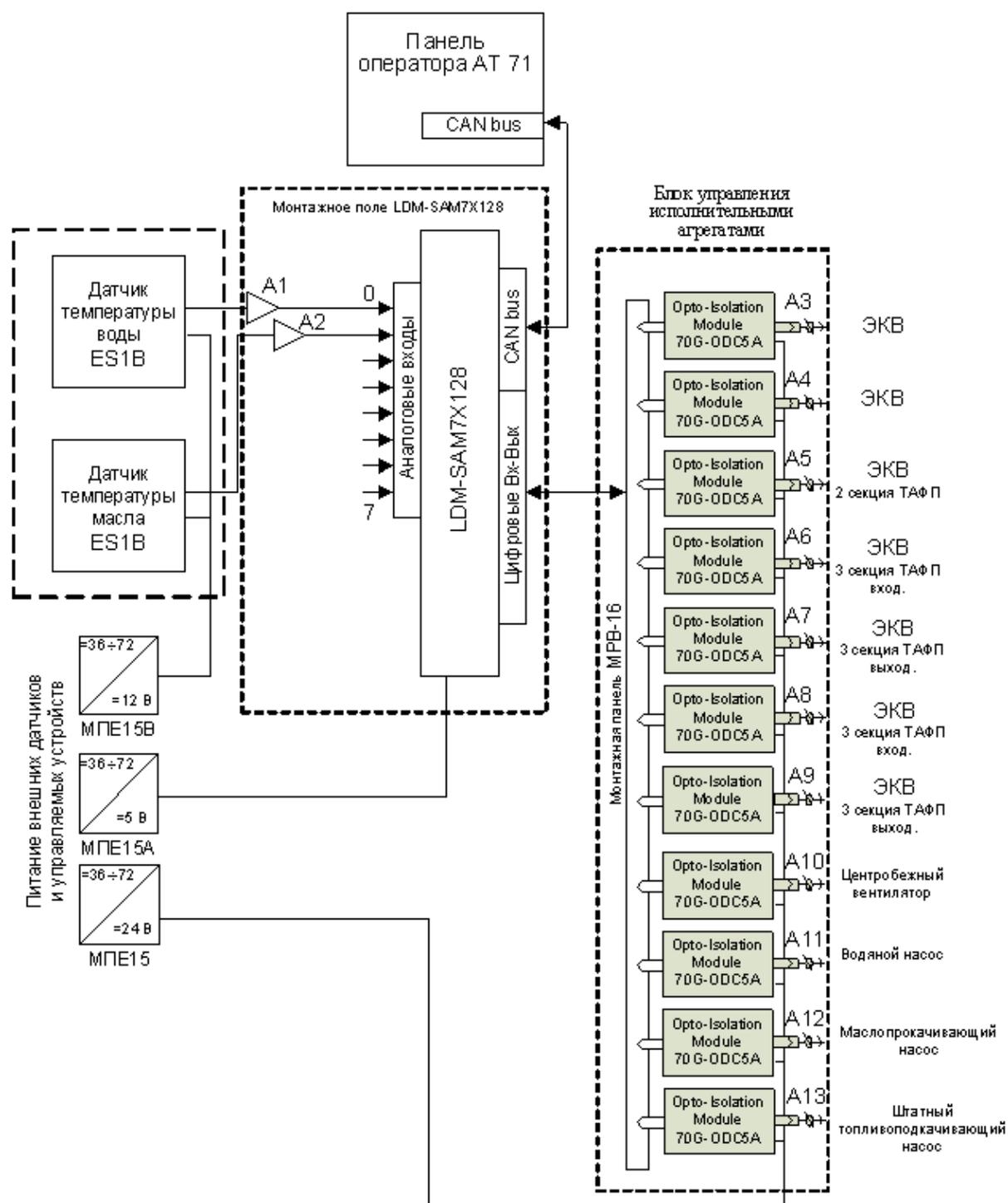


Рисунок 2 – Функциональная схема АС оптимизации режимов работы системы охлаждения тепловозного дизеля

Контроль показателей качества продукции с помощью современных средств измерения, включая лазерные, инфракрасные, волоконно-оптические датчики и устройства обеспечит высокое качество, надежность, безопасность работы силового оборудования. Повышение качества за счет импортозамещения датчиков путем внедрения точных, надежных и долговечных приборов железнодорожного транспорта, обеспечение взаимозаменяемости и кооперирования производства невозможны без развития

инструментов качества – метрологии, стандартизации, сертификации (МСС) и постоянного совершенствования техники измерений. Неопределенности в результате измерения могут быть сгруппированы в две категории в зависимости от способа оценки их численных значений:

1-я категория состоит из случайных ошибок, появляющихся из непредсказуемых изменений, которые оказывают влияние на величину;

2-я категория состоит из систематических ошибок. Важно знать точность и стабильность измерительных инструментов, погрешность измерения для того, чтобы сделать правильный выбор. Точность измерений – характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов. Для контроля точных процессов производства и повышения качества машин и других изделий необходимо не только непрерывно повышать точность, производительность и надежность средств измерения, но и правильно применять и систематически проверять средства измерения в процессе эксплуатации. Ошибочные результаты измерения из-за некачественного выполнения собственно измерений столь же часты, как и при применении неточных средств измерения – возникает обнаруженный брак, который приводит к браку на последующих этапах процесса производства, к снижению качества изделий, их точности, надежности и долговечности.

Системы контроля, диагностики и телемеханики для ОАО «РЖД» изготавливает ФГУП «Старт»: датчики давления и блоки питания, предназначенные для работы в системах контроля и управления технологическими процессами и т.д., и применяются в импортозамещение.

Основным техническим базисом для проведения контроля параметров элементов системы технологического оборудования (дизеля) являются информационно-измерительные системы, представляющие совокупность различного типа датчиков и устройств, объединяемых в одно целое – систему контроля на основе единого метрологического, информационного и программного обеспечения и обладающих необходимой для получения достоверных результатов степенью системной совместимости друг с другом.

Сбор информации может осуществляться с помощью устройств контроля, которые подразделяются на:

1) датчики непосредственного получения информации, например, концевые выключатели и сигнализаторы предельных значений и т.д.;

2) измерительные функциональные преобразователи (ФП) – датчики, например, преобразователи параметров измерений, преобразователи видов сигналов и т.д. Датчик преобразует измеренную величину в отображаемый сигнал, а преобразователь – отображаемый сигнал в выходной, который в сопрягаемых устройствах единой измерительной системы является одновременно и принятым унифицированным сигналом. Преобразование в требуемый унифицированный сигнал может происходить в несколько ступеней. При этом удлиняется измерительная цепь и увеличивается количество возможных источников помех. Применение инвариантных волоконно-оптических измерительных ФП (датчиков) позволит повысить точность, стабильность измерений. Ввод результатов измерений в систему контроля и диагностики может производиться непрерывно или периодически с постоянной или переменной частотой. Рассмотрим датчики и устройства для систем контроля и диагностики параметров ПС(ПМ).

**1. Профилометр тормозных дисков** – использован бесконтактный способ регистрации профиля с помощью лазерного датчика и сканирующего устройства для:

- получения информации о параметрах профиля рабочей поверхности тормозных дисков железнодорожного колеса;

- снятия и анализа полного профиля тормозных дисков;

- визуализации на дисплее совмещенных графических изображений фактического и нового профилей тормозных дисков колеса;
- поддержки базы данных износа.

**2. Лазерные триангуляционные датчики**, предназначенные для бесконтактного измерения, контроля и диагностики:

- положения, размеров, профиля поверхности, деформаций, вибраций и т.д.;
- измерения уровня жидкостей. Серия включает четыре модельных ряда: 1. РФ603 – универсальные датчики с рабочим диапазоном от 2 до 1250 мм; 2. РФ603HS – быстродействующие датчики; 3. РФ600 – датчики с увеличенным базовым расстоянием и большим диапазоном измерений; 4. РФ605 – малогабаритные датчики.

**3. Датчики давления** – предназначенные для контроля физических параметров в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости – вода, масло, газ). В датчиках давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код. Основными отличиями одних приборов от других являются пределы измерений, динамические и частотные диапазоны, точность регистрации давления, допустимые условия эксплуатации, массогабаритные характеристики, которые зависят от принципа преобразования давления в электрический сигнал: тензометрический, пьезорезистивный, ёмкостный, индуктивный, резонансный, пьезоэлектрический и другие [3-7].

**4. Датчики и устройства контроля температуры** фотонные и селективные, бесконтактные и быстродействующие типа ИРТ [3-7], внедренные предприятиях машиностроения.

**Заключение.** В ходе разработки диагностической системы оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза были решены задачи:

1. При монтаже обеспечена сохранность механической составляющей тепловоза (что является одним из главных требований ОАО «РЖД» при модернизации элементов и систем подвижного состава – ПС).

2. Применение методов идентификации тепловых параметров в режимах охлаждения силовых установок тепловозов позволило эффективно решить задачу автоматизации охлаждения тепловозов.

3. Предлагаемое техническое решение позволит снизить время работы силовых установок тепловозов, получить экономию топлива в пределах 5-6% и увеличить ресурс элементов силовой установки.

4. Предлагаемый алгоритм и методы диагностирования позволяют повысить надежность силового оборудования ПС (ПМ) транспортной системы.

### Литература

1. Патент на полезную модель №69929 РФ. Устройство для поддержания систем двигателей внутреннего сгорания в прогретом и безотказном предпусковом состоянии / Д.Я. Носырев, Н.В. Чертыковцева, В.М. Пирогов. Бюл. №1., 2008.

2. Чертыковцева Н.В. Повышение эффективности прогрева маневрового тепловоза в зимнее время за счет использования вторичных энергоносителей: дисс... канд. техн. наук / Н.В. Чертыковцева. – Самара: СамГУПС, 2009.

3. Чертыковцева Н.В., Перевертов В.П., Иванов А.В. Программно-аппаратный комплекс оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза. / Труды международного симпозиума – 2013, Т.1. – Пенза: ПГУ. – С. 139-143.

4. Перевертов В.П., Бочаров Ю.А., Маркушин М.Е. Управление кузнечными машинами в ГПС: монография. – Куйбышев, 1986. – 160 с.

5. Перевертов В.П. Качество управления гибкими технологиями: монография. – Самара: СамГУПС, 2019. – 270 с.

6. Перевертов В.П. Материаловедение и гибкие технологии: учебник. – Самара: СамГУПС, 2020. – 280 с.
7. Перевертов В.П. Диагностика и управление кузнечными машинами в гибких производственных системах: монография. – Самара: СамГУПС, 2021. – 291 с.

### References

1. Utility model Patent No. 69929 of the Russian Federation. A device for maintaining internal combustion engine systems in a warmed-up and trouble-free pre-start state / D.Ya. Nosyrev, N.V. Chertykovtseva, V.M. Pirogov. Byul. No. 1., 2008.
2. Chertykovtseva N.V. Improving the efficiency of heating a shunting locomotive in winter due to the use of secondary energy carriers: diss... cand. technical sciences / N.V. Chertykovtseva. – Samara: SamGUPS, 2009.
3. Chertykovtseva N.V., Perevertov V.P., Ivanov A.V. Hardware and software complex for optimizing the operating modes of the diesel locomotive cooling system. / Proceedings of the International Symposium – 2013, Vol.1. – Penza: PSU. – pp. 139-143.
4. Perevertov V.P., Bocharov Yu.A., Markushin M.E. Control of forging machines in GPS: monograph. – Kuibyshev, 1986. – 160 p.
5. Perevertov V.P. The quality of management of flexible technologies: monograph. – Samara: SamGUPS, 2019. – 270 p.
6. Perevertov V.P. Materials science and flexible technologies: textbook. – Samara: SamGUPS, 2020. – 280 p.
7. Perevertov V.P. Diagnostics and control of forging machines in flexible production systems: monograph. – Samara: SamGUPS, 2021. – 291 p.

**ПЕРЕВЕРТОВ В.П.** – т.ғ.к., доцент (Ресей Федерациясы, Самара қ., Самара мемлекеттік қатынас жолдары университеті)

**ЧЕРТЫКОВЦЕВА Н.В.** – т.ғ.к., доцент (Ресей Федерациясы, Самара қ., Самара мемлекеттік қатынас жолдары университеті)

**ӘБЛІҚАСЫМОВ М.М.** – аға оқытушы (Ресей Федерациясы, Мәскеу қ., Н.Э. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университеті)

**АҚАЕВА М.О.** – т.ғ.к., аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

### ДИЗЕЛЬДІ ТЕПЛОВОЗДЫ САЛҚЫНДАТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУДЫҢ ДИАГНОСТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІ

#### Аңдатпа

*Мақалада тепловоз дизельді салқындату жүйесінің жұмыс режимдерін оңтайландырудың диагностикалық жүйесі келтірілген, оның құрамдас элементтері: диагностикалық алгоритм және импортты алмастыру кезінде аппараттық құралдарды таңдау, құрылымдық-функционалдық схема (модель). Жүйе тепловоздардың күштік қондырғыларын салқындату-жылыту режимдерінде жылу параметрлерін сәйкестендіру әдістерін қолдану есебінен сыртқы ауа температурасының өзгеруіне бейімделген; LDM-sam7x128 конструктор-контроллер негізінде іске асырылған. Бағдарламалық жасақтама Assembler тілін ішінара қолдана отырып, C++ тілінде жазылған.*

**Түйінді сөздер:** *тепловоз, дизель, су (май) жүйесі, салқындату, алгоритм, диагностикалық автоматтандырылған жүйе, датчиктер, контроллер.*

**PEREVERTOV V.P.** – c.t.s., assoc. professor (Russian Federation, Samara, Samara State University of Railway Transport)

**CHERTYKOV TSEVA N.V.** – c.t.s., assoc. professor (Russian Federation, Samara, Samara State University of Railway Transport)

**ABULKASIMOV M.M.** – senior lecturer (Russian Federation, Moscow, Bauman Moscow State Technical University)

**AKAYEVA M.O.** – c.t.s., senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

## **DIAGNOSTIC SYSTEM FOR OPTIMIZING THE OPERATING MODES OF THE DIESEL LOCOMOTIVE COOLING SYSTEM**

### *Abstract*

*The article presents a diagnostic system for optimizing the operating modes of the diesel locomotive cooling system, the constituent elements of which are: an algorithm for diagnosing and selecting hardware for import substitution, a structural and functional scheme (model). The system is adapted to changes in outdoor air temperature due to the use of methods for identifying thermal parameters in the cooling-heating modes of diesel locomotive power plants; implemented on the basis of the LDM-SAM7X128 boiler designer. The software is written in C++ with partial use of the Assembler language.*

**Keywords:** diesel locomotive, diesel engine, water (oil) system, cooling, algorithm, diagnostic automated system, sensors, controller.

УДК 629.42.067(075)

**ОРАЛБЕКОВА А.О.** – PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**ЕРКЕЛДЕСОВА Г.Т.** – PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**ШАГИАХМЕТОВ Д.Р.** – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ**

### *Аннотация*

*В статье рассмотрены перспективные вопросы и пути совершенствования работы локомотивных устройств безопасности на железнодорожном транспорте с учетом внедрения передовых технологий, внедряемых в современных телекоммуникационных устройствах и системах.*

**Ключевые слова:** приборы безопасности, архитектура, беспроводные технологии, облачные вычисления, технологии, моделирование.

**Введение.** Обеспечение качества и безопасности услуг – одна из наиболее актуальных проблем любой отрасли народного хозяйства, в том числе в отрасли железнодорожного

транспорта, который по-прежнему является ведущим видом транспорта в Республике Казахстан.

Ситуация, сложившаяся в конце 1980 – начале 1990-х гг., привела к заметному отставанию казахстанского железнодорожного транспорта от железнодорожного транспорта экономически развитых стран мира. Сейчас перед работниками железнодорожного транспорта Казахстана стоит сложная задача – обеспечить дальнейшее развитие железнодорожных линий, развернуть строительство скоростных трасс, обновить парк подвижного состава, провести модернизацию существующего парка при одновременном обеспечении безопасности перевозочного процесса.

**Основная часть.** Современные технические решения, внедряемые на железнодорожном транспорте, обуславливают необходимость совершенствования существующих устройств безопасности и разработки новых.

В настоящее время в локомотивном хозяйстве на тяговом подвижном составе эксплуатируют следующие приборы безопасности:

1. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа АЛСН.
2. Горочная автоматическая локомотивная сигнализация ГАЛС.
3. Комплексная переносная система управления локомотивом телемеханическая с передачей информации по радиоканалу.
5. Комплексное устройство принудительной остановки локомотива.
6. Комплексные локомотивные устройства безопасности КЛУБ-У, КЛУБ-П, КЛУБ-УП.
7. Маневровая автоматическая сигнализация МАЛС.
8. Механический скоростемер ЗСЛ-2М.
9. Телемеханическая система бодрствования машиниста ТСКБМ.
10. Регистратор параметров движения поезда и автоведения.
11. Системы автоматического управления торможением поезда САУТ-Ц, САУТ-ЦМ/485.
12. Универсальная система автоматического ведения пассажирского поезда.
13. Устройства Л116, Л116У.
14. Устройство контроля бдительности машиниста УКБМ.
15. Устройство контроля несанкционированного отключения ЭПК.
16. Электронный скоростемер КПД-3.

Одной из наиболее распространенных безопасных структур, на которых строятся современные устройства безопасности, является система двух одинаковых вычислительных каналов, использующих одинаковые программы, синхронно работающих, на вход которых подается один и тот же сигнал (рисунок 1).

Контроль правильности работы осуществляется путем сравнения сигнатур – состояний каналов, определяемых не только по выходному сигналу, но и по состоянию памяти микропроцессора.

Предполагается, что сбои и отказы в канальных микропроцессорах не происходят одновременно, поэтому равенство информации в каналах является критерием. Одинаковые сбои по общим (питание и пр.) или систематическим (программа и пр.) причинам исключаются разработчиком.

Современные микропроцессорные системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, в том числе локомотивная техника (КЛУБ-У, БЛОК), построены с использованием приведенной схемы, которую в составе других элементов, разделенных по назначению, называют безопасным элементом (БЭ).

В настоящее время существует значительное разнообразие систем и устройств безопасности движения, которое отрицательно сказывается на универсальности при управлении и эксплуатации локомотивов [1-4].

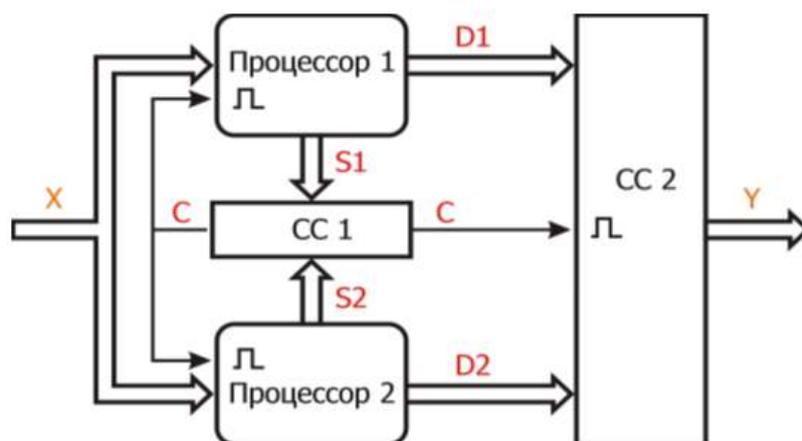


Рисунок 1 – Архитектура безопасной структуры: X – входной сигнал; Y – выходной сигнал; C – синхросигнал; S1, S2 – сигнатуры; D1, D2 – данные расчета; CC1, CC2 – схемы сравнения

Сложившееся направление развития локомотивных систем управления и обеспечения безопасности негативно сказывается на эффективности работы локомотивного хозяйства.

В перспективе целесообразно все функции устройств безопасности можно разделить на две группы: обеспечивающие безопасность при движении локомотива, и реализуемые на стоянке. Такое разделение позволяет обоснованно определить набор функций, реализуемых уровнем полноты безопасности (УПБ).

**Беспроводные технологии.** Применение беспроводных технологий является ключевым для мобильных объектов, таких как локомотивы, так как позволяет принципиально обеспечить обмен информацией во время движения. Широкое внедрение беспроводных технологий позволит существенно сократить время нахождения локомотива на обслуживании и ремонте, с одновременным снижением стоимости производства сервисных работ. Специфика железнодорожного транспорта накладывает определенные ограничения на применение проводных коммуникаций, так как прокладка линий связи (кабелей) требует существенных капитальных вложений в инфраструктуру и является достаточно затратным в обслуживании.

**Проводные коммуникационные каналы.** В качестве коммуникационных связей между структурными блоками могут применяться интерфейсы с различной средой передачи сигнала: беспроводные, проводные с оптическим волокном в качестве проводника сигнала (приоритетные), проводные с медным проводником сигнала.

Реализация в локомотивном комплексе передовых технических решений в области обеспечения безопасности невозможно без параллельного развития инфраструктуры и систем автоматики и телемеханики, систем интервального регулирования, технологий защищенной передачи данных по радиоканалу.

**Единое координатно-временное пространство.** Автоматическое управление движущимися объектами невозможно без определения текущего местоположения, определяемое с необходимой погрешностью и временной синхронизации. Функции позиционирования поезда должны обеспечивать определения местоположения головы и хвоста, с учётом требований функциональной безопасности. Координата хвоста поезда необходима на вслед идущем локомотиве, т.е. должна передаваться, с использованием беспроводных технологий. Информация, формируемая на локомотиве и поступающая из внешних источников должна быть синхронизирована в едином временном пространстве.

Таким образом, современные и перспективные локомотивные устройства безопасности должны быть интегрированы в Единое координатно-временное пространство.

В настоящее время основу построения единого координатно-временного пространства на сети железных дорог СНГ составляют современные технологии глобальных навигационных спутниковых систем, включая ГЛОНАСС (Россия), GPS (США), BEYDOW (Китай), GALILEO (ЕС). Наряду с возможностью определения географических координат любого объекта на земной поверхности эти системы обеспечивают возможность точной временной синхронизации автоматизированных систем управления, информационно-измерительных систем и комплексов, систем цифровой связи, серверов баз данных и иного цифрового оборудования.

**Облачные вычисления.** Основные задачи, решаемые при внедрении облачных технологий:

- переход к централизованному обновлению кода устройств посредством «облачных» технологий;
- повышению информационной безопасности за счет использования принципов распределенного реестра данных;
- наблюдаемость за управлением локомотивным комплексом в целом, и на каждом отдельном объекте управления (локомотиве, поезде);
- единый универсальный формат хранения зарегистрированной информации и расшифровка в месте хранения – минимизация накладных расходов и штата расшифровщиков;
- реализация интеллектуальных функций: выявление предотказных состояний оборудования, определение препятствий, персонифицированный контроль машиниста.

Архитектура локомотивных устройств должна также претерпеть изменения, обусловленные упрощением бортовых устройств, снижением потребности в их обслуживании, но с возможностью гибкой конфигурации для различных типов тягового подвижного состава. Поэтому целесообразно применение модульного принципа построения устройства с выделением функциональных модулей (рисунок 2): модуль визуализации и оповещения (ДМ), модули ввода/вывода (периферийные устройства), модуль компьютерного зрения (КЗр), модуль центрального процессора (МЦО) и модуль безопасного элемента (БЭ).

В связи с тем, что локомотивные устройства безопасности, диагностики и управления на прикладном уровне используют большое количество данных, которые должны регулярно проходить процедуру актуализации, могут выявляться ошибки или возникать потребность в обновлении бизнес-логики ПО, то обновление ПО является важной задачей, которая на текущий момент требует значительных временных затрат и непосредственно влияет на безопасность движения.

В эксплуатируемых и разрабатываемых системах задача синхронного обновления может быть решена за счет внедрения синхронизации прикладного уровня ПО с централизованным хранилищем данных.

Это хранилище данных должно удовлетворять нескольким общим требованиям: высокий уровень доступности, масштабируемость, высокая скорость обработки информации, низкие капитальные затраты. Наиболее предпочтительным решением в этом случае является облачная база данных.

Облачная база данных – это любая система управления базами данных, предоставляемая по подписке как облачный сервис в рамках платформенной модели обслуживания.

Предлагаемая в Концепции архитектура построения локомотивной системы управления с отделенным безопасным элементом может гибко изменяться, модернизироваться и масштабироваться, что потребует только согласования взаимодействия ПО модулей.

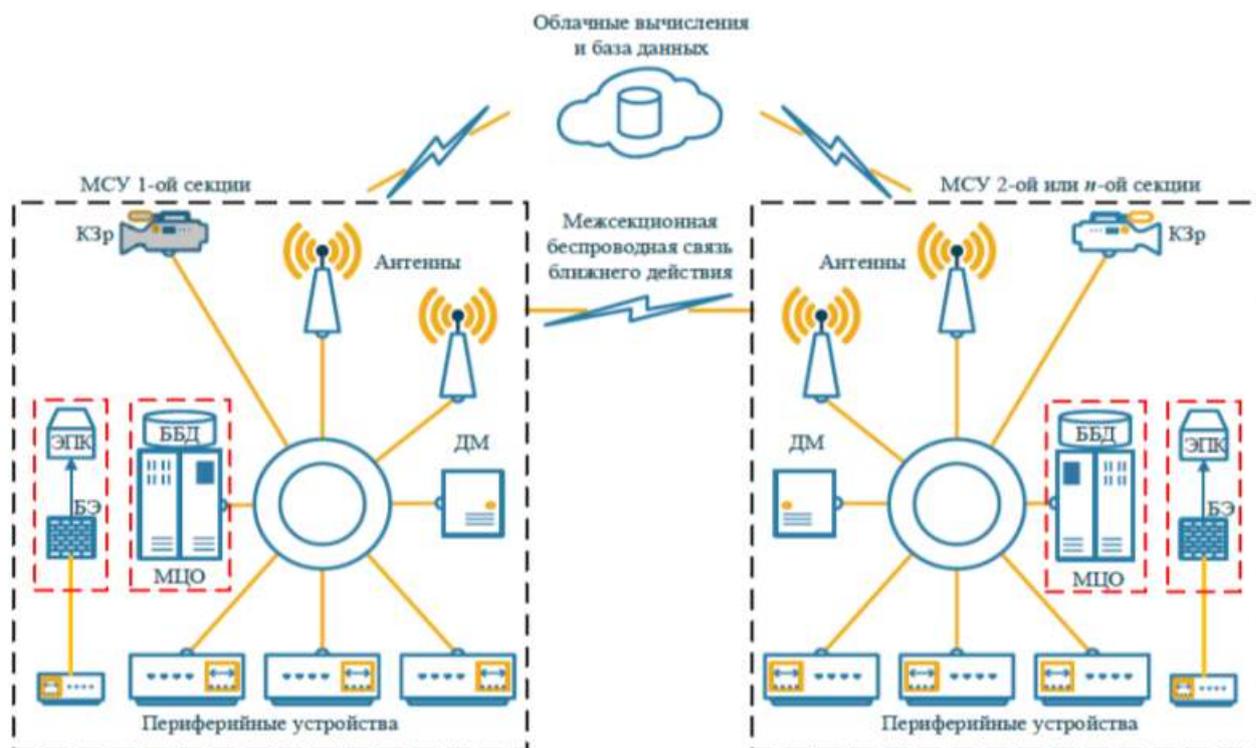


Рисунок 2 – Архитектура локомотивной системы управления безопасности и диагностики

Модули безопасного элемента и центрального обработчика могут быть также независимо друг от друга изменены для лучшего соответствия потребностям конкретной системы, например, с учетом производительности или требований функциональной безопасности.

Такая архитектура даёт возможность автоматической конфигурации при добавлении или удаления какого-либо периферийного модуля и не потребует каждый раз изменять ПО системы, а набором модулей на борту определяется набор реализуемых функций [5-9].

**Программное обеспечение.** Основными целями развития ПО для систем безопасности должны стать: диверсификация разработчиков ПО за счет разграничения уровней ПО на системный и прикладной, централизованная доставка обновлений, абстрагирование ПО от аппаратного обеспечения – виртуализация, повышение плотности размещения информационных систем. Основным подходом к реализации ПО должен стать принцип модульности, как системной архитектуры, которая делает ПО независимыми от существующих и будущих платформ, так и прикладного уровня.

В настоящее время применяется монолитный подход к разработке ПО, то есть основной разработчик локомотивного устройства безопасности (КЛУБ, БЛОК, КПД-3, САУТ, ТСКБМ и т.д.) создает весь комплекс ПО. При таком подходе разработчик будет либо нести дополнительные затраты на привлечение специалистов с высокой специализацией в системном и прикладном программировании, либо будет при тех же затратах снижать качество продукта.

При создании новых устройств и систем безопасности в соответствии с настоящей Концепцией требуется планировать работу таким образом, чтобы различные уровни ПО создавались разными разработчиками. Также подход с разделением разработки по уровням ПО позволит повысить конкурентоспособность. Этого возможно достигнуть за счет

открытой стандартизации API между уровнями, что снизит зависимость от единственного разработчика ПО.

**Устройства компьютерного зрения.** Для выполнения задачи по автоведению поезда локомотивные устройства безопасности должны как минимум получать информации не меньше, чем машинист.

Использование систем компьютерного зрения позволит решить следующие задачи:

- определение препятствий на видимом участке пути: определение предмета на непосредственно на рельсе, определение степени угрозы и необходимости снижения скорости или остановки для удаления предмета с пути;

- определение препятствий в особо опасных местах, в том числе и в слепых зонах: контроль занятости переездов, контроль пешеходных переходов;

- задачи диагностики инфраструктуры и поезда: контроль целостности пути, целостности контактной сети, контроль габарита движения встречного поезда, контроль опасных ситуаций (которые могут быть определены визуально: пожар, развал груза и т.д.) на встречном поезде, контроль целостности механического оборудования локомотива и его износа.

Решение указанных задач возможно за счет применения различных детекторов оптического, микроволнового и других частей спектра (лидары, радары, ультразвуковые детекторы и т.д.). Такие устройства должны удовлетворять требованиям условий эксплуатации подвижного состава и учитывать возможные погодные условия. Применение разнотипных устройств позволит получить преимущество перед органами зрения машиниста в условиях недостаточной видимости (движение в кривой, темное время суток) и плохой видимости (осадки, туман).

**Большие данные и предиктивная диагностика.** Локомотивные устройства безопасности должны предусматривать дальнейшее развитие подсистем собственной диагностики, диагностики систем и оборудования локомотива и поезда в целом, а также диагностику инфраструктуры.

В первую очередь, средства технической диагностики должны быть применены или расширены для следующих подсистем локомотива:

1) Для тормозной системы поезда: замер плотности тормозной магистрали, оценка тормозных свойств поезда и прогнозирование тормозного коэффициента для следующего торможения.

2) Для механической части локомотива: проверка целостности узлов, положения колесных пар на рельсах (контроль схода колесной пары), путем внедрения методов компьютерного зрения; датчики для диагностики напряжений и сил в ответственных элементах конструкции; контроль за температурой в узлах трения.

3) Для силового электрооборудования: контроль за температурой обмоток тяговых электродвигателей, измерение токов и напряжений с высокой точностью и частотой дискретизации, позволяющей наблюдать быстропротекающие процессы, сбор информации об авариях с аппаратов защиты и устройств управления.

**Наблюдение предотказного состояния.** Повышая надежность системы и увеличивая глубину контроля её технического состояния, можно существенно снизить риски нарушений безопасности движения.

С помощью современных средств становится возможным наблюдение за техническим состоянием элементов системы и сбор информации о работе системы во времени. Данные в виде записей параметров системы во времени, позволяют прогнозировать состояния, в которое попадет система в будущем и давать оценку количественным характеристикам, в том числе о допустимости дальнейшей эксплуатации (вероятность отказа локомотива).

Предотказное состояние (предотказ) означает, что скорость изменения параметров работы системы (некоторого элемента) указывают на то, что дальнейшая эксплуатация технического средства возможна, но вероятность наступления отказа в прогнозируемый

период велика. Пусть интенсивность перехода из исправного состояния в предотказ равна  $\lambda_1$ , а интенсивность перехода из предотказного состояние в состояние нарушения безопасности  $\lambda_2$ . Интенсивность опасного отказа системы равна  $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2$  (рисунок 3).

Процедура выявления предотказа интенсивности  $\mu = k \cdot \lambda_2$  в результате введения мер по наблюдению за предотказом дает итоговую интенсивность опасного отказа системы:

$$\lambda k + 1 \quad (1)$$

Представляется, что наблюдение за параметрами локомотивных катушек возможно введением в алгоритм дешифратора анализатора сигналов и внесение незначительных изменений в оборудование проверочного шлейфа.

Приведенный подход касается не только локомотивной системы безопасности, но и инфраструктуры и состояния человеческого фактора. Получая дифференцированную информацию о различных поездках различных поездов, на различных участках пути, и т.п., обеспечивается возможность выявления предотказного состояния и нейтрализации негативных последствий.

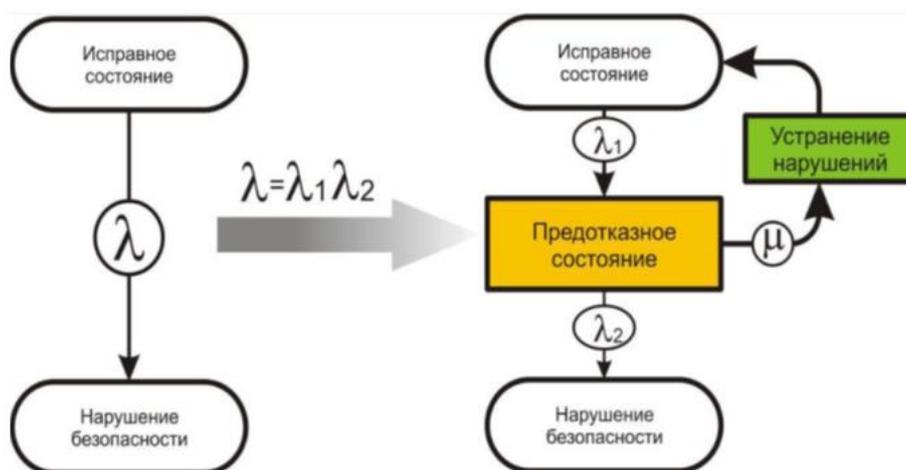


Рисунок 3 – Снижение интенсивности нарушения безопасности путем своевременного выявления и устранения предотказного состояния

Кроме того, наблюдением и анализом информации, устанавливается количественная связь отказа с предотказным состоянием, выявление узких мест, требующих вмешательства разработчика.

Таким образом, новые локомотивные устройства безопасности должны выявлять предотказное состояние и определять вероятность перехода в отказ, с последующим контролем за процессом деградирования предотказного состояния.

**Биометрические технологии.** В локомотивных устройствах безопасности биометрические технологии могут быть использованы для решения нескольких задач:

1. Аутентификация в системе для управляющего или обслуживающего персонала.
2. Контроль рабочего времени управляющего персонала.
3. Определение нахождения машиниста в кабине управления.
4. Слежение за показателями жизнедеятельности.
5. Определение состояния бодрствования и бдительности.

Первые две задачи решаются методами биометрической идентификации пользователя. Четвертая задача решается путем использования переносного устройства, которое осуществляет наблюдение за частотой сердечных сокращений, двигательной

активностью машиниста и контролирует его местоположение с использованием спутниковой системы или радиосистемы (связь локомотив – машинист). Третья и пятая задачи могут быть решены за счет применения комбинированного подхода из устройств биометрической идентификации на основе видеокамер и носимых устройств контроля за жизнедеятельностью машиниста.

Методы биометрической идентификации:

- по отпечатку пальца;
- по лицу;
- по радужной оболочке глаза;
- по геометрии руки;
- по термограмме лица;
- по ДНК;
- на основе акустических характеристик уха;
- по рисунку вен.

Главными, для оценки любой биометрической системы, являются два параметра:

- FAR (False Acceptance Rate) – коэффициент ложного пропуска, т.е. процент возникновения ситуаций, когда система разрешает доступ пользователю, незарегистрированному в системе.

- FRR (False Rejection Rate) – коэффициент ложного отказа, т.е. отказ в доступе настоящему пользователю системы.

Обе характеристики получают расчетным путем на основе методов математической статистики. Чем ниже эти показатели, тем точнее распознавание объекта. Но для построения эффективной системы контроля доступа недостаточно отличных показателей FAR и FRR (таблица 1), и требуются дополнительные данные:

- возможность подделки биометрических данных для идентификации в системе и способы повышения уровня безопасности;
- стабильность биометрических факторов, их неизменность со временем и независимость от условий окружающей среды;
- скорость аутентификации, возможность быстрого бесконтактного снятия биометрических данных для идентификации;
- стоимость реализации биометрической системы на основе рассматриваемого метода аутентификации.

Наиболее предпочтительным методом биометрической идентификации на локомотиве является система распознавания радужной оболочки глаза, так как обладает высокой точностью, высокой скоростью обработки, возможностью построения системы строгой аутентификации, приемлемой ценой. Этот метод основан на распознавании изображения, полученного с видеокамеры. Эта же видеокамера может быть использована для одного из факторов определения нахождения машиниста в кабине.

Таблица 1 – Сравнение методов биометрической идентификации, исходя из точности идентификации

Метод	FAR	FRR
Отпечаток пальца	0,001%	0,6%
Распознавание лица 2D	0,1%	2,5%
Распознавание лица 3D	0,0005%	0,1%
Радужная оболочка глаза	0,00001%	0,016%
Сетчатка глаза	0,0001%	0,4%
Рисунок вен	0,0008%	0,01%

Использование новых биометрических технологий накладывает дополнительные требования на производительность микропроцессоров локомотивной системы, подсистему хранения базы данных биометрических образцов и каналы обмена данными. Все это делает достаточно сложным применение этих технологий без расширения набора существующих устройств безопасности, поэтому биометрические технологии целесообразно применять только для вновь создаваемых масштабируемых микропроцессорных систем.

**Цифровое моделирование.** Построение цифровых моделей является неотъемлемой частью цифровизации производственных процессов и процессов управления. Моделирование позволяет существенно сократить время на отладку систем на реальных объектах, отработывая алгоритмы в лабораторных условиях.

Моделирование позволит повысить качество управления автоматических систем.

Микропроцессорные устройства, на базе которых реализованы практически все автоматические системы управления, удобны тем, что позволяют моделировать различные процессы, максимально приближенные к реальным условиям.

**Локализация безопасного элемента.** Усложнение системы, получающей информацию от нескольких источников, использующей сложные алгоритмы, управляющей исполнительными устройствами в исключительном режиме (невозможность дублированного управления), приводят к редукции смысла безопасного (БЭ). БЭ не способен контролировать систему с достаточной полнотой и управлять периферийными устройствами. В системе отсутствует анализ аппаратной безопасности.

Постоянство возможностей БЭ означает ограниченную модернизируемость системы вместе с источниками информации, при том, что система управления должна быть модернизируема.

Предлагаемое решение позволяет преодолеть имеющиеся проблемы за счет переустройства системы: БЭ обеспечивает аппаратную безопасность движения, при этом в системе работа БЭ осуществляется параллельно с системой, исполняющей сложные алгоритмы, при этом модернизируемой (рисунок 4).

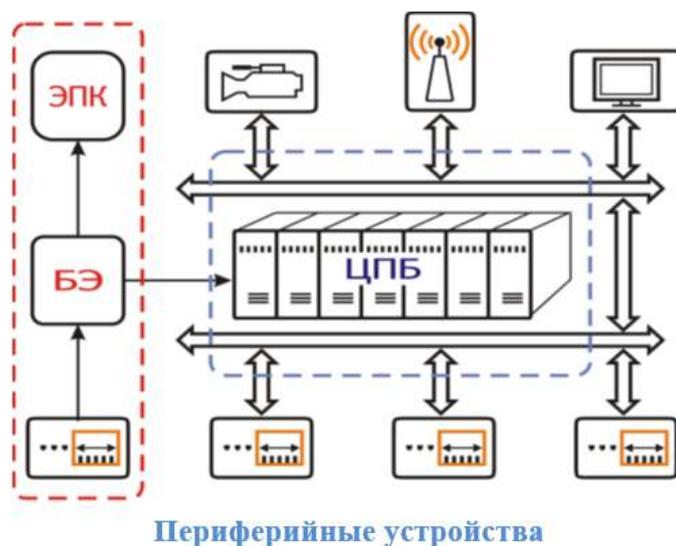


Рисунок 4 – Архитектура локомотивного устройства безопасности с безопасным элементом: БЭ – безопасный элемент, ЦПБ – центральный процессорный блок

Условия обеспечения УПБ 4 функции торможения:

- 1) подсистемы работают независимо;

- 2) для отказа функции должны произойти отказы в подсистемах;
- 3) системы с отказами в подсистемах не допускаются к эксплуатации;
- 4) производство интенсивностей отказов имеют порядок интенсивности опасного отказа по УПБ 4.

Достоинство данной архитектуры системы в том, что при возникновении отказа одной из подсистем, вторая может продолжить работу. Надежность системы безопасности данной архитектуры имеет показатель надежности на уровне показателя безопасности, в связи, с чем данная архитектура имеет качественное преимущество.

Архитектура локомотивных устройств безопасности должна быть построена с локализацией безопасного элемента.

**Выявление систематических отказов ПО.** Разработка ПО в устройствах безопасности на локомотиве, связана с проблемой выявления и устранения систематических отказов. Применение защитных мер в процедурах проектирования не в полной мере решают проблему. Проверка созданного устройства не может ограничиваться только проверкой программного кода. Практика и мировой опыт показывают, что безопасность системы является свойством ПО в интеграции с аппаратными средствами аппаратно-программного комплекса (АПК).

Обеспечить интенсивность исключительности систематических отказов хотя бы на уровне 10-5 [1/ч] в ручном режиме проверки работы с системой практически невозможно. Такую проверку можно осуществить в автоматическом режиме на стенде – имитаторе, где роль машиниста также исполняет программно-аппаратный имитатор.

**Дополненная и виртуальная реальность.** С развитием миниатюризации электроники стало возможным применять для реализации человеко-машинного интерфейса очки и шлемы. Особенное развитие применение таких устройств получило в образовательной, военной и развлекательной сферах. Перспектива применения очков для машинистов в качестве помощника-инструктора приобретает особенное значение при планировании перехода на управление в одно лицо. В настоящее время существуют предпосылки в виде возможности технической реализации устройства, необходимости носимой части при работе в одно лицо.

Применение очков и дополненной реальности возможно начинать для существующих локомотивных устройств безопасности, но в полной мере функциональность этого подхода будет раскрыта при создании единой системы бортовых устройств и подсистем.

### Литература

1. Концепция развития локомотивных устройств безопасности. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 28.01.2019 г. №123/р.
2. Распоряжение ОАО «РЖД» от 13 августа 2013 г. №1754р (с дополнениями и изменениями) «Об утверждении перечня устройств безопасности движения и регистраторов переговоров».
3. Колчин И. Система железнодорожной автоматизации SIBAS PN [Текст] / И. Колчин // Современные технологии автоматизации. – 2015. – № 2. – С. 80-84.
4. ГОСТ Р МЭК 61511-1-2011 Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 1. Термины, определения и технические требования.
5. Розенберг Е.Н. Разработка перспективных систем управления и обеспечения безопасности движения поездов [Текст] / Е.Н. Розенберг, А.С. Коровин, В.В. Батраев // Бюллетень Объединенного Ученого Совета ОАО «РЖД» – 2017. – № 4. – С. 43-50.
6. Розенберг Е.Н. О стратегии развития цифровой железной дороги [Текст] / Е.Н. Розенберг, В.В. Батраев // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» – 2018. – №1. – С. 9-26.

7. Павловский А.А. Базовая составляющая цифровой железной дороги [Текст] / А.А. Павловский // Железнодорожный транспорт – 2018. – №11. – С. 16-22.
8. ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью.
9. Руководство по эксплуатации. Безопасный локомотивный объединенный комплекс. БЛОК 36905-000-00 РЭ.

### References

1. The concept of development of locomotive safety devices. Approved by the Order of JSC "Russian Railways" dated 28.01.2019 No.123/R.
2. Order of JSC "Russian Railways" dated August 13, 2013 No.1754r (with additions and amendments) "On approval of the list of traffic safety devices and registrars of negotiations".
3. Kolchin I. SIBAS PN railway automation system [Text] / I. Kolchin // Modern automation technologies. – 2015. – No.2. – pp. 80-84.
4. GOST R IEC 61511-1-2011 Functional safety. Instrument safety systems for industrial processes. Part 1. Terms, definitions and technical requirements.
5. Rosenberg E.N. Development of perspective control systems and train safety [Text] / E.N. Rosenberg, A.S. Korovin, V.V. Batraev // Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways" – 2017. – No.4. – pp. 43-50.
6. Rosenberg E.N. On strategy Development of the digital railway [Text] / E.N. Rosenberg, V.V. Batraev // Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways" – 2018. – No.1. – pp. 9-26.
7. Pavlovsky A.A. The basic component of a digital railway [Text] / A.A. Pavlovsky // Railway transport – 2018. – No.11. – pp. 16-22.
8. GOST R IEC 61508-1-2012 Functional safety of electrical, electronic, programmable electronic systems related to safety.
9. Operation manual. Safe locomotive combined complex. BLOCK 36905-000-00 RE.

**ОРАЛБЕКОВА А.О. – PhD, қауым. профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**  
**ЕРКЕЛДЕСОВА Г.Т. – PhD, қауым. профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**  
**ШАГИАХМЕТОВ Д.Р. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

### ЛОКОМОТИВТІК ҚАУІПСІЗДІК ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ЖЕТІЛДІРУ

#### *Аңдатпа*

*Мақалада заманауи телекоммуникациялық құрылғылар мен жүйелерде енгізілетін озық технологияларды енгізуді ескере отырып, теміржол көлігіндегі локомотивтік қауіпсіздік құрылғыларының жұмысын жетілдірудің перспективалық мәселелері мен жолдары қарастырылған.*

***Түйінді сөздер:** қауіпсіздік құралдары, архитектура, сымсыз технологиялар, бұлтты есептеу, технологиялар, модельдеу.*

**ORALBEKOVA A.O. – PhD, assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**YERKELDESOVA G.T. – PhD, assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**SHAGIAKHMETOV D.R. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

## **IMPROVING THE OPERATION OF LOCOMOTIVE SAFETY DEVICES**

### *Abstract*

*The article discusses promising issues and ways to improve the operation of locomotive safety devices in railway transport, taking into account the introduction of advanced technologies implemented in modern telecommunication devices and systems.*

**Keywords:** security devices, architecture, wireless technologies, cloud computing, technologies, modeling.

УДК 621.86

**КАЛИЕВ Е.Б. – к.т.н., ассоц. профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)**

**КОЗБАГАРОВ Р.А. – к.т.н., ассоц. профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)**

**БАЗАРГАЛИЕВ А.А. – (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)**

**БЕКЕТОВ Т.С. – (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)**

**КАМБАРОВА З.Н. – (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)**

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОСАМОСВАЛА С ДОННОЙ РАЗГРУЗКОЙ**

### *Аннотация*

*В работе приведен процесс взаимодействия автосамосвала с донной разгрузкой с асфальтобетонной смесью. Рассмотрен процесс взаимодействия и обоснован выбор математической модели взаимодействия автосамосвала – перегружателя – асфальтоукладчика, определена степень влияния машин на производительность комплекса и осуществлен выбор режимных параметров технологических машин.*

**Ключевые слова:** автосамосвал, асфальтоукладчик, бункер, донной разгрузка, асфальтобетонная смесь.

**Введение.** Осуществление технологических операций для выполнения строительства современных автомобильных дорог, требует наличия высокоэффективной техники и оборудования. При использовании техники, способной в короткие сроки производить работы в больших объемах, необходимо обеспечить создание новых технологий производства строительных работ по устройству асфальтобетонных покрытий, которые позволят уменьшить затраты материальных, энергетических и трудовых ресурсов. По причине несоответствия протяженности и состояния дорожно-транспортной системы, современной интенсивности и грузонапряженности движения, происходят ежегодные

экономические потери страны, поэтому приоритетными направлениями развития дорожно-транспортной инфраструктуры становятся строительство высококачественных скоростных автомагистралей и реконструкция автомобильных дорог в кратчайшие сроки.

Рассматривая различные технологии укладки дорожных покрытий, выявлена необходимость создания эффективных машин для укладки асфальтобетонных смесей по скоростной технологии на базе отечественного производства. Поэтому целесообразно провести исследования эффективности и обосновать рациональные параметры комплекса техники, состоящего из парка автосамосвалов с донной разгрузкой и специализированного перегружателя асфальтобетонной смеси, работающего в комплексе с асфальтоукладчиком, что при работе комплекса машин по скоростному строительству асфальтобетонных покрытий, производительность должна увеличиться, а количество дефектов на покрытии уменьшиться за счет безостановочного движения комплекса на протяжении всего строительного участка (рисунок 1).



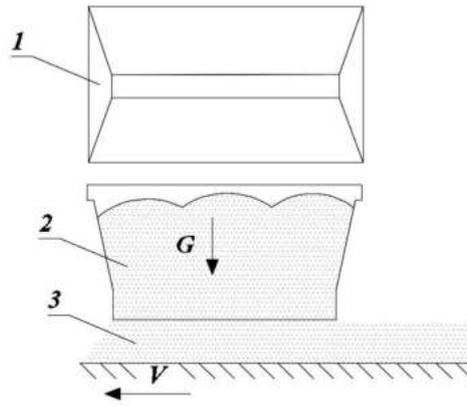
Рисунок 1 – Автосамосвал с донной разгрузкой в процессе работы

**Основная часть.** На основе анализа ряда факторов, оказывающих влияние на качество готового асфальтобетонного покрытия, была выдвинута гипотеза, что одним из основных факторов при данном виде строительных работ является рабочая скорость передвижения всего строительного комплекса [1].

Рассмотрен процесс взаимодействия и обоснован выбор математической модели взаимодействия автосамосвала – перегружателя – асфальтоукладчика, определена степень влияния машин на производительность комплекса и осуществлен выбор режимных параметров технологических машин.

Рациональные режимные параметры каждой машины необходимо подбирать исходя из основной машины комплекса – асфальтоукладчика, данная машина задает темп движения всех технологических машин. Для согласования работы машин необходимо рассмотреть взаимодействие каждой технологической единицы со средой – асфальтобетонной смесью [2].

Построена схематическая модель (рисунок 2), описывающая истечение асфальтобетонной смеси из бункера автосамосвала с последующим формированием из неё валика.



1 – форма бункера (вид сверху), 2 – зона загрузки бункера, 3 – зона формирования валика асфальтобетонной смеси

Рисунок 2 – Схема выгрузки и формирования валика асфальтобетонной смеси

Схема, представленная на рисунке 2, включает элементы конструкции автосамосвала с донной разгрузкой, которая показывает физический процесс выгрузки асфальтобетонной смеси из бункера автосамосвала. Для получения расчетных данных были сформулированы некоторые допущения.

Подбирая параметры, необходимо отметить, что в течение длительного промежутка времени средняя производительность перегружателя  $\Pi_{пер}$  должна равняться средней производительности асфальтоукладчика  $\Pi_{асф}$  [3]:

$$\Pi_{пер} = \Pi_{асф} = b_{пол} h_{сл} u_{асф} \quad (1)$$

где  $b_{пол}$  – ширина укладываемой полосы асфальтобетона, м;

$h_{сл}$  – толщина укладываемого слоя асфальтобетонной смеси, м;

$u_{асф}$  – рабочая скорость асфальтоукладчика м/мин.

Производительность перегружателя  $\Pi_{пер}$  таким образом:

$$\Pi_{пер} = F_{вал} u_{пер}, \quad (2)$$

где  $F_{вал}$  – площадь поперечного сечения валика (рисунок 2);

$u_{пер}$  – рабочая скорость перегружателя (жёсткая механическая связь между асфальтоукладчиком и перегружателем обеспечивает равенство  $u_{пер} = u_{асф}$ ).

Исходя из этого, необходимо более подробно изучить процессы, происходящие при выгрузке асфальтобетонной смеси [2]. Рассматривая асфальтобетонную смесь, как особое вещество, находящееся в определенном агрегатном состоянии, можно применить закон Стокса для движения тела в вязкой жидкости. Предельная скорость движения шарика в вязкой жидкости определяется (на основании закона Стокса):

$$U_{\max} = \frac{2r^2}{9} \cdot \frac{(\rho' - \rho) \cdot g}{\mu}, \quad (3)$$

где  $\rho'$  – плотность вещества шарика, г/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность жидкости, г/см<sup>3</sup>;  
 $r$  – радиус шарика, см;  
 $\mu$  – вязкость жидкости.

Преобразуя это выражение с заменой вязкости на коэффициент внутреннего трения сыпучего материала  $tg\phi = \mu$  и радиуса шарика  $r$  на крупность зерна  $k$ , получим:

$$U = \frac{C_1(k^2 \cdot \Delta\rho)}{tg\phi}, \quad (4)$$

где  $C_1$  – постоянная;  
 $\Delta\rho = \rho' - \rho$ .

Из уравнения следует, что скорость частицы в потоке прямо пропорциональна квадрату её величины. Следовательно, чем больше коэффициент внутреннего трения материала, тем меньше он подвержен нерациональному распределению.

Истечение смеси с боков и центра бункера происходит равномерно, пока её верхний уровень не достигнет линии перехода параллелепипеда в пирамиду, а затем уже интенсивный поток происходит из центральной части [4]. В процессе выгрузки асфальтобетонной смеси из бункера автосамосвала происходит формирование валика (рисунок 3) [5].

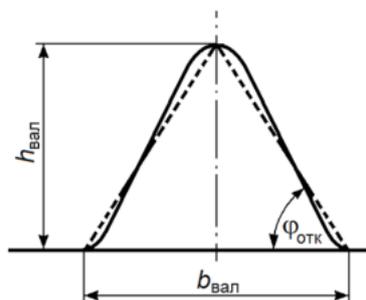


Рисунок 3 – Поперечное сечение формируемого валика асфальтобетонной смеси на дороге

По причине того, что площадь фигуры, образуемой в сечении валика сравнима с площадью треугольника, образуемого вершиной валика и краями его основания, для её определения можно записать [6]:

$$F_{вал} = \frac{h_{вал}^2}{tg\varphi_{отк}}, \quad (5)$$

где  $h_{вал}$  – высота валика;  
 $\varphi_{отк}$  – угол естественного откоса асфальтобетонной смеси.

Таким образом [6]:

$$h_{вал} = \sqrt{b_{пол} h_{сл} tg\varphi_{отк}}, \quad (6)$$

где  $b_{пол}$  – ширина укладываемой полосы асфальтобетона;  
 $h_{сл}$  – толщина укладываемого слоя асфальтобетонной смеси, м.

Из представленной схемы формирования валика на рисунке 4, очевидно, что высота просвета под самой нижней частью самосвала  $h_{пр}$  должна отвечать неравенству:

$$h_{пр} \geq h_{вал}, \quad (7)$$

а расстояние между внутренними боковинами задних колёс  $b_{вн}$  – неравенству [6]:

$$b_{вн} \geq \frac{2h_{вал}}{\operatorname{tg}\varphi_{отк}}, \quad (8)$$

Подбор смеси из валика осуществляется перегружателем, для которого установлена рациональная производительность [4]. Учитывая вышеизложенное можно утверждать, что для её сохранения, при работе комплекса, параметры автосамосвала  $h_{пр}$  и  $b_{вн}$  будут определяющими [5]. Очевидно также, что, достигнув требуемой производительности перегружателя, увеличивать эти размеры нецелесообразно.

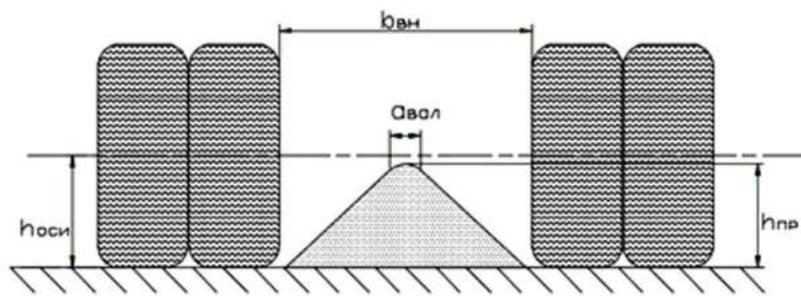


Рисунок 4 – Схема формирования валика между задними колёсами самосвала

Минимальные размеры автосамосвала, при которых он выполняет свою функциональность, должны соответствовать неравенствам [6]:

$$h_{пр} \geq \frac{a_{вал} - b_{вал}}{2} \operatorname{tg}\varphi_{отк} \quad \text{и} \quad b_{вн} \geq 2 \sqrt{\frac{b_{пол} h_{сл}}{\operatorname{tg}\varphi_{отк}}}. \quad (9)$$

где  $a_{вал}$  – верхняя часть трапеции валика, м;

$b_{вал}$  – нижняя часть трапеции валика, м;

$b_{пол}$  – ширина укладываемой полосы асфальтобетона, м;

$h_{сл}$  – толщина укладываемого слоя асфальтобетонной смеси, м;

$\varphi_{отк}$  – угол естественного откоса асфальтобетонной смеси.

Объём асфальтобетонной смеси, выгружаемой из автосамосвала в единицу времени, не должен быть меньше объёма, определяемого размерами поперечного сечения валика асфальтобетонной смеси, и скоростью движения самосвала  $u_{сам}$  [6]:

$$V_A = F_{вал} u_{сам}. \quad (10)$$

В то же время интенсивность истечения асфальтобетонной смеси из разгрузочного отверстия автосамосвала  $Q$ , м<sup>3</sup>/с определяется формулой:

$$Q = u_{ист} F_{отв}, \quad (11)$$

где  $u_{ист}$  – скорость истечения асфальтобетонной смеси из разгрузочного люка;  
 $F_{отв}$  – площадь разгрузочного отверстия с учётом кусковатости груза.

Для прямоугольного отверстия [6]:

$$F_{отв} = (A_{отв} - a)(B_{отв} - a), \quad (12)$$

где  $A_{отв}$  и  $B_{отв}$  – длина и ширина разгрузочного отверстия;  
 $a$  – максимальный размер куска (по ГОСТ 9128-97 для крупнозернистых асфальтобетонных смесей  $a = 0,04$  м).

Таким образом:

$$u_{ист} F_{отв} = F_{вал} u_{сам} \quad (13)$$

откуда находим:

$$F_{отв} = \frac{F_{вал} u_{сам}}{u_{ист}}, \quad (14)$$

следовательно,

$$A_{отв} = \frac{F_{вал} u_{сам}}{u_{ист} (B_{отв} - a)} + a. \quad (15)$$

Гидравлический радиус отверстия разгрузочного люка:

$$R_{г} = \frac{D - a}{4}, \quad (16)$$

где  $D$  – диаметр или меньший из размеров разгрузочного люка, м.

Критический радиус отверстия разгрузочного люка:

$$R_{кр} = \frac{a}{2}. \quad (17)$$

При анализе размеров разгрузочных отверстий 26 моделей самосвалов с донной разгрузкой и вместимостью кузовов от 7,7 до 30,0 м<sup>3</sup> свидетельствует, что минимальный размер отверстия превышает 1 м [6]. Для любой асфальтобетонной смеси  $R_{кр} = 0,02$  м.

Таким образом, для разгрузочного отверстия с самыми маленькими размерами  $R_{г} = 0,24$  м. Так как  $R_{г} \gg R_{кр}$ , то скорость истечения  $u_{ист}$  асфальтобетонной смеси из бункера можно рассчитать по уравнению [6]:

$$u_{ист} = \lambda_{ист} \sqrt{3,2gR_{\Gamma}} \quad (18)$$

где  $\lambda_{ист}$  – коэффициент истечения ( $\lambda_{ист} = 0,20$  для средне- и  $\lambda_{ист} = 0,65$  – для легкоподвижных материалов);

$g$  – ускорение свободного падения ( $9,81 \text{ м/с}^2$ ).

Таким образом, интенсивность истечения смеси  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяется выражением:

$$Q = \lambda_{ист} (A_{отв} - a) (B_{отв} - a) \sqrt{0,8g(B_{отв} - a)}. \quad (19)$$

Отсюда определяем:

$$A_{отв} = \frac{(B_{отв} - a) \sqrt{0,8g(B_{отв} - a)}}{b_{пол} h_{сл} u_{сам} \lambda_{ист}} + a. \quad (20)$$

Выражаем ширину  $B_{отв}$  разгрузочного отверстия через известные параметры системы:

$$\frac{F_{вал} u_{сам}}{u_{ист} (B_{отв} - a)} = \frac{(B_{отв} - a) \sqrt{0,8g(B_{отв} - a)}}{b_{пол} h_{сл} u_{сам} \lambda_{ист}} + a. \quad (21)$$

Допустим, что асфальтобетонная смесь выгружается из донного отверстия равномерно по всей его длине (рисунок 5). Очевидно, что при этом увеличение высоты валика  $h_{вал}$  прямо пропорционально расстоянию, пройденному самосвалом. Своей максимальной высоты ( $h_{вал} = h_{пр}$ ) валик должен достигнуть на расстоянии, равном не более, чем длина разгрузочного отверстия  $A_{отв}$ . Таким образом, на пути самосвала, равном  $A_{отв}$ , из его кузова должен выгрузиться объём асфальтобетонной смеси  $V_A$ , рассчитываемый по формуле:

$$V_A = \frac{A_{вал} F_{сам}}{3} = \frac{A_{отв} b_{пол} h_{сл}}{3}. \quad (22)$$

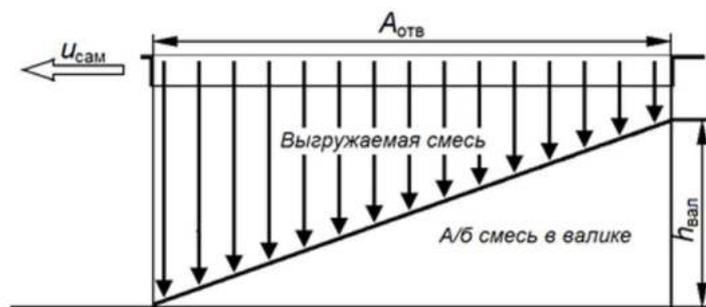


Рисунок 5 – Схема образования валика асфальтобетонной смеси, выгружаемой из бункера

Для длины разгрузочного отверстия кузова  $A_{отв}$ :

$$A_{отв} = \frac{3V_A}{b_{пол} h_{сл}}, \quad (23)$$

Тогда

$$V_A = \frac{(B_{отв} - a)\sqrt{0,8g(B_{отв} - a)}}{3u_{сам}\lambda_{ист}} + \frac{a}{3}. \quad (24)$$

Время  $T_A$ , за которое автосамосвал должен пройти расстояние  $A_{отв}$ , чтобы отсыпать валик площадью  $F_{вал}$ , равно:

$$T_A = \frac{V_A}{Q}, \quad (25)$$

Скорость автосамосвала при этом должна составить:

$$u_{сам} = \frac{AQ}{V_A}. \quad (26)$$

Длина валика асфальтобетонной смеси  $L_{вал}$ , доставленной одним автосамосвалом с кузовом вместимостью  $V_{сам}$ , составит:

$$L_{вал} = \frac{V_{сам}tg\varphi_{отк}}{u_{сам}h_{пр}^2}. \quad (27)$$

Максимальная продолжительность интервала между подачами самосвалов под разгрузку  $T_{под}$  в зависимости от некоторых параметров машин и подвижности асфальтобетонной смеси можно рассчитать по формуле:

$$T_{под} = \frac{V_{сам}tg\varphi_{отк}}{7,85\lambda_{ист}(B_{отв} - a)h_{пр}^2}. \quad (28)$$

**Вывод.** Анализ работы самосвала с донной разгрузкой позволил [6]:

- выбрать в качестве критерия функциональности системы её производительность, выражаемую в кубических метрах асфальтобетонной смеси, укладываемой системой «автосамосвал – перегружатель» на подготовленное дорожное полотно в единицу времени;
- построить систему уравнений (математическую модель), описывающую взаимосвязи между критерием функциональности и значимыми для него внешними и внутренними параметрами технической системы, а именно [5]: высотой  $h_{вал}$  и площадью сечения  $F_{вал}$  валика асфальтобетонной смеси, углом естественного откоса  $\varphi_{отк}$  и коэффициентом истечения  $\lambda_{ист}$  асфальтобетонной смеси, высотой просвета самосвала  $h_{пр}$ , расстоянием между внутренними боковинами задних колёс самосвала  $b_{вн}$ , длиной  $A_{отв}$  и шириной  $B_{отв}$  продольного донного разгрузочного отверстия самосвала, вместимостью кузова самосвала  $V_{сам}$ , скоростью самосвала  $u_{сам}$ , величиной интервала между разгрузками автосамосвалов  $T_{под}$ .

### Литература

1. Артемьев К.А. Дорожные машины. Машины для устройства дорожных покрытий. – М.: Машиностроение, 1982. – 349 с.
2. Афиногенов О.П. Управление качеством дорожных работ / О.П. Афиногенов, Н.П. Серегин, А.Ф. Санников. – Томск: Изд-во Томского университета, 1997. – 153 с.
3. Бадалов В.В. Исследование катков при уплотнении асфальтобетонных дорожных покрытий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / В.В. Бадалов. – Л., 1974. – 16 с.
4. Гезенцвей Л.Б. Дорожный асфальтобетон. – М.: Транспорт, 1976. – 32 с.
5. Гоберман Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
6. Дорожно-строительные машины и комплексы / В.И. Баловнев, А.Б. Ермилов, А.И. Новиков и др.; под ред. В.И. Баловнева. – М.: Машиностроение, 1998. – 384 с.

### References

1. Artemyev K.A. Road cars. Machines for the device of road surfaces. – M.: Mechanical Engineering, 1982. – 349 p.
2. Afinogenov O.P. Quality management of road works / O.P. Afinogenov, N.P. Seregin, A.F. Sannikov. Tomsk: Tomsk University Publishing House, 1997. – 153 p.
3. Badalov V.V. Investigation of rollers during compaction of asphalt concrete road surfaces: abstract. dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.05.04 / V.V. Badalov. – L., 1974. – 16 p.
4. Gesenzwey L.B. Road asphalt concrete. – M.: Transport, 1976. – 32 p.
5. Gberman L.A. Fundamentals of theory, calculation and design of construction and road machines. – M.: Mechanical Engineering, 1988. – 464 p.
6. Road-building machines and complexes / V.I. Balovnev, A.B. Ermilov, A.I. Novikov, etc.; edited by V.I. Balovnev. – M.: Mashinostroenie, 1998. – 384 p.

**ҚАЛИЕВ Е.Б.** – т.ғ.к., қауым. профессор (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

**КОЗБАГАРОВ Р.А.** – т.ғ.к., қауым. профессор (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

**БАЗАРҒАЛИЕВ А.А.** – (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

**БЕКЕТОВ Т.С.** – (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

**КАМБАРОВА З.Н.** – (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

### ТӨМЕНГІ ЖҮК ТҮСІРЕТІН АВТОСАМОСВАЛДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, АСФАЛЬТБЕТОН ЖАБЫНДАРЫН САЛУДЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

#### Аңдатпа

*Жұмыста автосамосвалдың асфальтбетон қоспасымен түбін түсірумен өзара әрекеттесу процесі келтірілген. Өзара әрекеттесу процесі қарастырылып, автосамосвал – жүк тиегіш – төсегіш өзара әрекеттесуінің математикалық моделін таңдау негізделді, машиналардың кешеннің өндірісіне әсер ету дәрежесі анықталды және технологиялық машиналардың режимдік параметрлерін таңдау жүзеге асырылды.*

**Түйін сөздер:** автосамосвал, асфальт төсегіш, бункер, түбінен түсіргіш, асфальтобетонды қоспа.

**KALIEV Y.B.** – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Academy of Logistics and Transport)  
**KOZBAGAROV R.A.** – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Academy of Logistics and Transport)  
**BAZARGALIYEV A.A.** – (Almaty, Academy of Logistics and Transport)  
**BEKETOV T.S.** – (Almaty, Academy of Logistics and Transport)  
**KAMBAROVA Z.N.** – (Almaty, Academy of Logistics and Transport)

## **PROMISING TECHNOLOGIES FOR THE CONSTRUCTION OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS USING A DUMP TRUCK WITH BOTTOM UNLOADING**

### *Abstract*

*The paper describes the process of interaction of a dump truck with bottom unloading with asphalt concrete mixture. The interaction process is considered and the choice of a mathematical model of interaction of a dump truck – loader – paver is justified, the degree of influence of machines on the performance of the complex is determined and the choice of operating parameters of technological machines is made.*

**Keywords:** *dump truck, asphalt paver, bunker, bottom unloading, asphalt concrete mix.*

УДК 621.382

**КЕМЕЛЬБЕКОВ Б.Ж.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)  
**ОМАРОВА Б.А.** – к.э.н., PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)  
**ОМАРОВА Г.А.** – к.э.н., PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

### *Аннотация*

*В работе представлен обзор методов измерений волоконно-оптических линий связи, а также анализ измерительных приборов, которые используются в эксплуатации ВОЛС. Рассматриваются в основном характеристики измерительных приборов, которые используются при измерениях параметров оптоволокна. Проводится экспериментальное исследование, где по результатам эксперимента будет известно какими недостатками обладают измерительные приборы, которые участвуют в измерении затухания оптического сигнала, работающего в пятом окне прозрачности.*

**Ключевые слова:** *рефлектометрия, оптический кабель, затухание, роутер, оптическая трасса, одномодовый, многомодовый, дисперсия.*

**Введение.** Развитие глобальных и локальных сетей электросвязи на современном этапе связано с широким внедрением высокоскоростных волоконно-оптических систем передачи. Причем потребность в увеличении пропускной способности магистральных волоконно-оптических сетей связи носит взрывной характер. Она удваивается каждый год.

Для обеспечения высокого качества строительства и эффективной эксплуатации волоконно-оптических линий связи необходимо метрологическое обеспечение измерений параметров волоконных трактов и их составляющих, включая оптические волокна, оптические кабели, пассивные и активные компоненты. Метрологическое обеспечение данной области измерений подразумевает создание рабочих и образцовых средств измерения, разработку методик измерения, метрологической аттестации и поверки. Среди многих средств измерения параметров волоконных трактов особую роль играют оптические рефлектометры, измерители реализующие методы измерения. Оптические рефлектометры и измерители используются для измерения возвратных потерь, коэффициентов затухания в оптических волокнах, оптических кабелях и на отдельных участках волоконных трактов, потерь в разъемных и неразъемных соединениях оптических волокон. С помощью оптических рефлектометров и измерителей можно проводить паспортизацию кабельных участков, зарегистрированные при проведении приемно-сдаточных испытаний, вновь построенных волоконно-оптических направляющих систем связи и осуществлять их периодический контроль в процессе эксплуатации.

Актуальность исследований вызвана, с одной стороны, необходимостью повысить качество эксплуатации волоконно-оптических систем передачи в условиях увеличения трафика передачи информации и дефицита оптических волокон на магистральных волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС). С другой стороны, актуальность продиктована несовершенством существующих методов контроля ВОЛС, измерение доступными способами не позволяет использовать его для измерения протяженных участков ВОЛС и невозможностью проведения более точного измерения, это объясняется тем, что измерение проводится в длинноволновом диапазоне 1625 нм. Для решения проблем, связанных с использованием традиционных технологий, необходимо разработать более эффективный метод контроля измерения потерь по оптическому волокну. Проведение измерений на длине волны 1625 нм не дает информации о потерях в диапазоне 1550 нм, так как для 1625 нм характерны большие, чем на 1550 нм изгибные потери и потери из-за инфракрасного поглощения, которых нет на 1550 нм. Конструктивные ограничения системы при измерениях на 1625 нм, которые вносят дополнительные потери для передачи информационного сигнала по оптическому волокну. Для этого необходимо дополнить технические требования, определяемые потребителями этих технологий, так как в них не учитываются требования к динамическому диапазону и допустимой мощности оптического излучения. Для оценки точности измерения оптических измерителей проводится анализ технических характеристик приборов и методов измерения ВОЛС а также экспериментальное исследование в котором будут сопровождаться измерениями затухания сигналов на оптической трассе длина которого с учетом всех параметров оптического оборудования будет составлять около 20 км.

#### **Обзор измерительных приборов для измерения затуханий в оптических кабелях.**

В зависимости от применяемого метода измерения затухания используются различные приборы: оптические измерители мощности и излучатели, измерители затухания, оптические тестеры и рефлектометры. Для проведения измерений методом вносимых потерь и методом обрыва могут использоваться одни и те же приборы: оптические измерители мощности и источники излучения, работающие на требуемой длине волны, или измерители затухания, или оптические тестеры. Выбор варианта комплекта приборов для проведения измерений производится исходя из конкретных условий их проведения, динамического диапазона приборов, требуемой точности, удобства проведения ими измерений и пр. При проведении с использованием «ваттметр-источник излучения» производится подбор пары приборов, и прежде всего, по диапазону длин волн, уровням и стабильности мощности излучения. Измерители затухания и тестеры представляют собой объединенные в одном корпусе оптический излучатель и оптический измеритель мощности. Их выбор в основном производится по динамическому диапазону и

погрешности. Во многих тестерах оптический излучатель и измеритель оптической мощности представляют собой автономные блоки. Современные приборы, как правило, снабжены дисплеем и имеют автономное питание. Преобладающая часть выпускаемых за рубежом приборов выполнены в полевом варианте. Одним из условий эффективного использования измерительных приборов такого назначения является применение различных аксессуаров: разъемных соединителей, адаптеров, аттенюаторов, юстировочных устройств, оптических кабелей, армированных соответствующими оптическими разъемами, инструмента для подготовки концов оптического волокна к измерениям и др.

При проведении измерения оптических кабелей, волокна которых армированы однотипными с установленным на измерительном приборе разъемами, обычно не требуется использование каких-либо аксессуаров. В случае различия разъемов, установленных на кабеле и измерительном приборе, используется соединительный оптический кабель, армированный на каждом конце разъемом соответствующего типа, часто называемый патчкордом (patchcord), как правило, входят в комплект измерительного прибора. Если на измеряемом оптическом кабеле не имеется разъемов, то для подключения его к измерительной аппаратуре нередко используют оптический адаптер – устройство, временно устанавливаемое на конец измеряемого оптического волокна и выполняющее роль вилки разъемного соединения. Адаптеры могут устанавливаться на оптическое волокно в полевых условиях. Однако при использовании адаптера результаты измерений могут иметь большую погрешность, чем при измерениях со штатным разъемом. Поэтому чаще всего измерение затухания кабелей без штатных разъемов производят с помощью пигтейла (pigtail) – короткого одноволоконного кабеля, армированного с одного конца вилкой разъема, подключаемой к измерительному прибору. Другим концом пигтейл с помощью юстировочного устройства соосно совмещается с концом измеряемого волокна. В отличие от патчкордов и пигтейлов, юстировочные устройства за редким исключением не входят в комплект измерительных приборов. Отечественной промышленностью производятся все вышеперечисленные измерительные приборы за исключением рефлектометров. Перечень большинства из этих приборов и их основные параметры приведены в таблицах 1-3. В таблице 1 представлены измерители затухания и оптические тестеры, в таблице 2 – оптические ваттметры, в таблице 3 – генераторы оптических сигналов, которые могут использоваться и как излучатели при измерении затухания.

Таблица 1 – Технические характеристики минирефлектометра FTB-300: характеристики некоторых модулей оптических рефлектометров

Модуль	7223B	7323B	7523B	7434B-ER2	7212C/D
Длина волны, нм	1310±20	1310±20	1310±20	1550±20	850±20
	1550±30	1550±20	1550±20	1625±10	1300±30
Тип ОВ, мкм	9/125	9/125	9/125	9/125	62,5/125
Динамический диапазон с/ш=1 ( $\lambda_1/\lambda_2$ ), дБ	30/28	36,5/34,5	45/43	41,5/40,5	24/25
Мертвая зона события ( $\lambda_1/\lambda_2$ ), м	3/3	3/3	3/3	3/3	2/2
Мертвая зона затухания ( $\lambda_1/\lambda_2$ ), м	10/15	10/15	10/15	15/20	7/10
Длительность импульса, нс	10÷10 <sup>4</sup>	10÷2×10 <sup>4</sup>	10÷2×10 <sup>4</sup>	10÷10 <sup>4</sup>	10÷10 <sup>3</sup>
Показат. преломления	1,300÷1,7000				

Линейность	±0,05
Разрешение по затуханию	0,001 дБ

Таблица 2 – FTB-5320 характеристика измерителя (Exfo)

λ, нм		1450÷1650
Разрешение длины волны, нм		0.002
Измерительная точность, нм	typical	±0.003
Минимальная ширина канала	другая мощность	0.2
	аналогичная мощность	0.06
Диапазон входной мощности, дБм		-30 to +10
Оптический коэффициент отказа в 0.2 нм, дБс		>25
Точность, (-10 дБ, 1550 нм), дБ		±0.5

Таблица 3 – FTB-5500 Анализатор поляризационной модовой дисперсии Exfo

Модель	-5502	-5503	-5523
λ, нм	1310	1550	1310/1550
Диапазон измерения, пс			
стандартная	0.1 ÷ 35	0.1 ÷ 35	0.1 ÷ 35
расширенное (-ER option)1	0.06 ÷ 200	0.05 ÷ 200	0.052 ÷ 200
Динамический диапазон, дБ	45 (>50)3	40 (>48)3	32 (>40)3

Для достижения необходимых параметров передачи ВОЛС и высоких эксплуатационных характеристик ВОСП метрологическое обеспечение строительства и технической эксплуатации должно предусматривать возможность контроля практически всех операций монтажа ВОК, измерения основных параметров ВОК, ВОЛС. Основные задачи метрологического обеспечения заключаются в следующем:

- измерение величин затухания и дисперсии ОВ на строительных длинах ВОК до и после его прокладки с целью проверки их соответствия паспортным значениям;
- измерения дисперсии и затухания в муфте после монтажа ОВ с целью контроля качества соединения волокон;
- измерения затухания и дисперсии в процессе группирования ОВ для выравнивания значений этих параметров на РУ;
- измерение величин затухания и дисперсии на всех РУ.

Приемо-сдаточные испытания производятся представителями строительной организации и организации, планируемой для эксплуатации, построенной ВОЛС. Суть приемки заключается в соответствующих измерениях параметров передачи ОВ на полностью готовых регенерационных участках между оконечными разъемами ОК. Минимальный объем измерений определяется техническими требованиями, и зависят от конструкции ВОК, назначения ВОЛС и организуемой по ней системы передачи.

Измеритель длины оптической линии FR2 – универсальный прибор (производства компании «Wilcom Inc.», США) предназначен для измерения длины линии, расстояния до неоднородности, а в случае обрыва линии – расстояния до обрыва. Используется для тестирования как ММ, так и ОМ линий.

Технические характеристики FR2:

- рабочая длина волны: 850 нм, 1310 нм;
- диапазон измерений: 30 м ... 20 км;

- средняя чувствительность: -49 дБ (для 10 км);
- погрешность измерений:  $\pm 2$  м;
- электропитание: от 4 батарей типа «АА»;
- обеспечивающие не менее 13000 циклов измерений;
- габаритные размеры: 195x100x45 мм;
- масса: 440 г.

Рефлектометр является единственным средством определения величин потерь, затухания и отражения ВОЛС с одного конца ОВ. При измерении на современных ВОЛС необходимо учитывать наличие оптических усилителей, которые формируют шум, ухудшающий условия измерения рефлектометром. Методы быстрого восстановления ОК и его капитального ремонта зависят от характера повреждения (например, от характера распределения обрывов ОВ вдоль ВОК). Характер распределения обрывов зависит от величины натяжения ОК. При пожарах, ударах молнии повреждения наступают при малом натяжении, а повреждения волокон имеют место на небольшом участке. Следовательно, ремонт ОК на месте повреждения приведет к полному восстановлению связи. Если повреждение возникло в результате большого натяжения (при землеройных работах, падении столбов, деревьев), то необходимо более тщательно изучить место повреждения. В этом случае предпочтительным методом быстрого восстановления является замена кабеля между двумя муфтами резервным кабелем, находящимся в резервном канале кабельной канализации или на поверхности земли. Этот метод в большинстве случаев является предпочтительным благодаря его скорости и надежности. При наличии обрывов нескольких волокон или структурных повреждениях поврежденный кабель выгоднее заменить новым постоянным кабелем. ВОК можно восстанавливать и снова вводить в эксплуатацию, если место повреждения волокна определено точно.

Систему непрерывного контроля, которая включает панель с каналами аварийной сигнализации, панели с окончаниями каналов аварийной сигнализации, чувствительные элементы с ростоков и лента, для обнаружения наличия влаги. Панель с каналами аварийной сигнализации является основным блоком управления в системе контроля. Обеспечивает питание системы и опрос ее элементов. Имеет три аварийных режима работы, которые включаются при конкретном типе повреждения.

При тестировании активных ОВ (передаются данные) в линию вводится оптическое излучение с длиной волны, не совпадающей с длиной волны излучения, переносящего рабочую нагрузку. В каждом ВОК могут тестироваться, как по одному, так все ОВ. В зависимости от длины волны излучения, передающего рабочую нагрузку, используются излучения с длиной волны 1,31 мкм, 1,55 мкм, 1,625 мкм. Для ввода излучения рефлектометра в активное ОВ и вывода излучения, передающего трафик, используются спектральные мультиплексоры. По сравнению с методом контроля по пассивным волокнам, метод контроля по активным ОВ обеспечивает 100% вероятность обнаружения неисправности. Так как использование метода сопряжено с увеличением стоимости системы тестирования, то его использование целесообразно для контроля ответственных участков ВОЛС.

Приборы для тестирования оптических кабельных систем Fiber Solution Kit предназначены для измерения оптической мощности и потерь в ВОК. Состоит из двух компонентов – источника FiberLight и приемника FiberEye. Источник имеет два эффективных СИД с  $\lambda=800$  нм (используется в Ethernet и Token Ring) и 1300 нм (используется в FDDI). Приемник измеряет потери в оптической системе, что важно при монтаже и обнаружении неисправностей в оптических кабельных системах. Кроме этого, приемник может измерять оптическую мощность принимаемых сигналов, что позволяет проверить работу таких компонентов системы, как оптические хабы, повторители, адаптеры и т.п.

CertiFiber – это первый прибор для сертификации оптических связей в соответствии с требованиями стандартов TIA 568A и ISO 11801. Для тестирования связи достаточно установить стандарт, указать число коннекторов и сплайсов в связи и нажать кнопку Autotest. CertiFiber автоматически, буквально за секунды, измерит длину связи, задержку распространения и потери сигналов на длинах волн 800 нм и 1300 нм (при этом не требуется никаких переключений коннекторов). Тестирование производится в паре оптических волокон в обоих направлениях. Прибор, проанализировав измерения, выдаст результат PASS/FAIL и бюджет оптической связи – какой запас по характеристикам имеет связь. Сертификация возможна также и по стандартам 10Base-FL, 100Base-OFX, 1000Base-SX, 1000Base-LX, ATM155, ATM155SWL, FDDI, Fiber Channel. Прибор может запомнить в памяти результаты 1000 тестов, возможна их загрузка в ЭВМ с последующей распечаткой тестовой документации на принтере.

**Справочные данные оптических измерителей.** Компактный тестер для измерения оптических потерь FTB-300, разработанный для измерения оптических потерь в полевых условиях, рекомендуется использовать в тех случаях, когда объем измерений сравнительно невелик. Тестер FTB-300 очень экономичен. Измеряет оптические потери в линии, вносимые потери, определяет непрерывность ОВ и проводит его идентификацию. Можно выбрать конфигурацию с ИЛ или СИД как на одну, так и на две длины волн. Тестер снабжен системой WaveWise, которая автоматически настраивает детектор на длину волны источника света, что уменьшает число ошибок персонала и повышает эффективность измерений. Тестер откалиброван на пяти длинах волн, снабжен электрической компенсацией нуля, измеряет оптическую мощность в дБм и Вт, а потери в дБ, модулирует и детектирует оптический сигнал на частоте 2 кГц и имеет функцию энергосбережения.

MULTITEST MT02B – один из самых компактных оптических измерителей на рынке. Но, несмотря на минимальные размеры, он исправно выполняет свои функции и просто обязан быть у каждого инженера или монтажника, обслуживающего оптические сети. Прибор очень удобен в использовании, а благодаря компактным размерам легко помещается в верхний карман рубашки. Оптический измеритель MULTITEST MT02B имеет универсальный оптический разъем, к которому без особых проблем можно подключать разъемы FC, SC и ST, т.е. с ферулой диаметром 2,5 мм. Также имеет самые распространенные калиброванные длины волн 850, 1300, 1310, 1490, 1550 нм и может измерять как уровень оптической мощности, так и вносимое затухание пассивных оптических компонентов сети.

FTB-300 откалиброван согласно стандарту NIST, а также проходит испытание на ударную нагрузку по процедуре Bellcore. Основные характеристики:

- одна или две рабочие длины волн, соответственно;
- один или два выходных порта;
- непосредственное измерение потерь в дБ;
- полученные значения могут отображаться в дБ, дБм и Вт;
- измерение абсолютной мощности (дБм и Вт).

В рамках одной мощной платформы объединен целый ряд высокопроизводительных измерительных модулей. В FTB-300 можно одновременно разместить до 3 модулей, заменяемых в полевых условиях. Архитектура PC позволяет выполнять приложения Windows.

В набор измерительных инструментов системы FTB-300 входят:

- ОМ оптический рефлектометр на большие дистанции с бюджетом 45 дБ;
- ОМ оптический рефлектометр на короткие и средние дистанции;
- ММ оптический рефлектометр;
- оптический анализатор спектра (OSA);

- анализатор дисперсии мод поляризации (PMD);
- измеритель нескольких длин волн;
- источник света и измеритель мощности;
- автоматизированный измеритель потерь в двух направлениях;
- измеритель обратных потерь на отражение;
- визуальный определитель повреждений;
- цифровое устройство для переговоров.

FTB-XXXXB, с динамическим диапазоном до 45, может быстро протестировать ВОЛС длиной более, чем 200 км. Автоматическое переключение длины волны измерения. До 52 000 точек дискретизации (до 8 см). Динамический диапазон менее 45 дБ. Визуализация рефлектограммы (дополнительного).

FTB-9112 1x12 обеспечивает переключение одного волокна между одним общим портом и 12 портами ввод-вывода. Имеет оптический MTP, а также есть встроенная конфигурация для измерения OTDR на 12 волокон без вмешательства оператора.

Переключатель MTP допускает прямое ленточное соединение для измерения. MTP патч-корд, тем временем, позволяет ускорять обработку и время подготовки. Ключ MTP может использоваться или для ленточного испытания, или для испытания пакетного волокна с соединительной панели.

Таблица 4 – FTB-9100 Одномодовый оптический переключатель Exfo

Модель	-9112-XX	-9112B-94-XX	-9112B-92-XX
Количество каналов	1×12	1×12	1×12
коннектор	SC/PC или SC/APC	MTP/PC	MTP/APC
Вносимые потери (typical), дБ	0.7	0.8	0.9
Обратное отражение, дБ	-40 (PC коннектор)	-55 (APC коннектор)	
Повторяемость (typical), дБ	±0.03	±0.03	

**Измерители модели FiberHawk.** Новая модель 8000 сохранила всем известный портативный дизайн и, наряду с ним, имеет прекрасные рефлектометрические характеристики, позволяющие производить высокоточное тестирование ОВ за короткое время.

Модель 8000 характеризуется гибкой оптической платформой, которая поддерживает до 8 длин волн, комбинированный прием излучения и другие высокотехнологичные оптические компоненты. Эта гибкость платформы не только позволяет оптимизировать прибор под использование совместно с современными ОВ и кабелями, но также обеспечивает базу для интеграции с будущей концепцией тестирования в волоконно-оптических сетях. Стандартный набор оптических модулей включает в себя: ОМ модуль, ОМ модуль с расширенным динамическим диапазоном, многомодовый модуль и комбинированный модуль. В дополнение к не имеющей себе равных конфигурируемости, в этом приборе оптический модуль и устройство управления на базе ПО Windows NT разделены, что способствует достижению высоких технических характеристик и значительному уменьшению капиталовложений в измерении для операторов связи. Сочетание широкого динамического диапазона и высокоскоростной обработки данных уменьшает время измерения по сравнению с обычными рефлектометрами на 80%.

Модульный рефлектометр TD-3486 (GN Nettes) снабжен 486 процессором. Тестирование ОВ может быть осуществлено за 22 с. Динамический диапазон от 20 до 40 дБ, высокая степень точности и возможность повторения тестирования. TD-3486 идеально подходит для проведения полного тестирования и диагностики ОВ в таких ситуациях как

подведение ВОК к дому, при установке кабельного телевидения, локальных и телефонных сетей, при осуществлении анализа ОВ, измерения мощности и потерь на отражение. Тестирование осуществляется нажатием всего одной кнопки.

TD-3486 имеет возможности как автопечатать, автосохранение, автоматическое присвоение имени файла, автоматическое тестирование возвратных потерь и автоматическое тестирование на двух длинах волны.

ПО имеет встроенную систему подсказок, которая ответит на все вопросы оператора, включаемая нажатием всего одной кнопки. ПО создает таблицу результатов, которая накладывается на записи, чтобы сделать их более наглядными. Оно определяет каждое событие, определяет расстояние, показывает потери для каждого участка ОВ и его отражающую способность, отмечает конец ВОК и составляет краткий конспект результатов. Автоматическое присвоение имени файлам позволяет после ввода названия первого ОВ в заголовок автоматически вводит заголовок для каждого последующего ОВ и проводит полную серию тестов.

TD-3486 имеет VGA экран с возможностью выбора фоновых цветов, и позволяющая легко считывать результаты в любых условиях, даже при прямом солнечном свете. Текст может быть высвечен в любом цвете для облегчения прочтения на 6,5 дюймовом экране (разрешение 640x480). Содержит встроенный 3,5 дюймовый дисковод.

Все оборудование Laser Precision совместимо между собой, поэтому можно вызывать и просматривать записи с TD-1000, TD-2000, TD-9960 и FF-1000. И наоборот, записи с TD-3486 могут быть вызваны и просмотрены на TD-1000, TD-2000 и с PC-OTDR и PC-3000 ПО. Можно управлять на расстоянии по телефону с нашим ПО ORION StarGuide. ПО TD-3486 совместим с ПО рефлектометров от других производителей. Можно вызвать и просмотреть на экране прежние записи поверх текущих.

TD-3486 укомплектован драйверами для более 30 широко распространенных последовательных и параллельных принтеров, имеет встроенный термографический принтер TD-352.

С дополнительным PC-3000 ПО можно использовать функцию групповой и обрамляющей печати, которая позволит сохранить информацию и распечатать ее позднее.

Это ПО позволяет просматривать, анализировать и документировать записи оптического рефлектометра на любом ПК. Например, можно перевести записи с TD-3486 на компьютер для анализа, позволив рефлектометру продолжать тестирование ОВ.

Оптический автоматический рефлектометр AQ7140D/B – это портативная измерительная система, обеспечивающая прецизионное измерение и документацию всех параметров оптической линии. Несмотря на то, что AQ7140 является прибором не последнего поколения, исключительная надежность, хорошие оптические характеристики и уникальные ценовые предложения от «ТКС» делают этот прибор крайне привлекательным. AQ7140 подходит как для использования на магистральных оптических линиях, так и при производстве ВОК.

Основные характеристики AQ7140D/B:

- динамический диапазон: 37/34 дБ (1.31/1.55 мкм);
- диапазон измеряемых длин до 240 км;
- автопоиск и паспортизация всех неоднородностей трассы;
- уникальная функция оптической маски позволяет устранить искажения рефлектограммы и повысить точность измерений оптического затухания ВОК;
- внутренняя память для хранения рефлектограмм;
- встроенный 3.5" дисковод.

Таблица 5 – Технические характеристики AQ7140D/B

Модель оптического блока	AQ7143A	AQ7145A
Тип ОВ	10/125 мкм ООВ	
Длина волны, нм	1310±20	1550±20
Динамический диапазон <sup>1</sup>	37 дБ	34 дБ
Пространственное разрешение (отражение) <sup>2</sup>	менее 15 м	
Ближняя зона нечувствительности <sup>3</sup>	не более 65 м	
Оптический разъем	FC/PC	

**Оптический мини-рефлектометр ANDO AQ-7155** служит для тестирования участка ВОЛС. Определение длины, нахождение сплайсов, мест перегиба и обрыва ВОК, измерение потерь при соединении, сплайсах, измерение возвратных потерь. Можно выводить результаты теста на дисплей, принтер, ПК, PCMCIA адаптер.

В комплект поставки входят:

- блок питания, подзаряжаемые батареи;
- термопринтер;
- PCMCIA адаптер (для записи рефлектограммы и результатов теста);
- ISA адаптер в компьютер;
- кабель для переброса результатов теста по последовательному порту;
- сумка и ремень для переноски;
- документация на русском языке;
- ПО.

Таблица 6 – Характеристики ANDO AQ-7155

Тестирование на длинах волн	1,31; 1,55 мкм
Тип ОВ	ООВ
Диапазон измерения длины	5, 10, 20, 40, 80 км
Диапазон измерения	18/16 дБ
Динамический диапазон	23/2 дБ
Мертвая зона	менее 10 м, норма 7 м (отражение), менее 50 м, норма 30 м (обратное рассеяние)
Разрешение	1 м (в диапазон 5км, 10 км)
Время измерения	20 сек в 5 км, 90 сек в 40 км
Отображение данных	отображение списка результатов тестирования, рефлектограммы на жидкокристаллическом экране
Оптический вход	FC (дополнительно можно приобрести патч-корды ST, SC)
Вес	2,8 кг без протектора
Размеры	25 × 20 × 8 см

Оптический рефлектометр FH7210 (Телеком-транспорт-сервис) – это портативная измерительная система, обеспечивающая прецизионное измерение параметров оптического кабеля. FH7210 разработан в 1995 году на основе предыдущих моделей FH7140 и FH7110, которые прекрасно зарекомендовали себя в Российских условиях. Рефлектометр FH7210 имеет большую скорость усреднения, расширенный динамический диапазон и диапазон измеряемых длин, автоматический поиск дефектов и предустановку параметров измерений. Рефлектометр может работать в режиме персонального компьютера под DOS и WINDOWS, в том числе в составе сетевых контрольно-измерительных

комплексов. Он идеален для использования на магистральных оптических линиях, а также при производстве оптических кабелей. Рефлектометр имеет русифицированное меню экранных команд и поставляется с описанием на русском языке.

Основные характеристики FH7210:

- расширенный динамический диапазон: 37/34 дБ (1.31/1.55 мкм), диапазон измеряемых длин до 320 км;
- высокое разрешение: 5 см – по расстоянию, 0,001 дБ – по затуханию;
- жесткий диск 40 Мб, позволяющий сохранить более 2000 рефлектограмм; встроенный 3.5" дисковод; внутренняя память;
- автоматические измерения и паспортизация всех неоднородностей трассы, запуск нажатием одной клавиши;
- 7-дюймовый цветной дисплей с разрешением 640x480 точек;
- интерфейсы: GPIB, RS-232C, Centronics, выход на внешний VGA дисплей, слот для съемного жесткого диска PCMCIA, разъемы для клавиатуры и мыши;
- уникальная функция оптической маски позволяет устранить искажения рефлектограммы и повысить точность измерений оптического затухания ВОК.

Таблица 7 – Технические характеристики FH7210

Модель	FH7215A		FH7219A
	FH7213A	-	
Тип световода	10/125 мкм ООВ		62.5 мкм МОВ
Длина волны (нм)	1310±20	1550±20	850/1300±20
Динамический диапазон <sup>1</sup>	37 дБ	34 дБ	31 дБ
Пространственное разрешение (отражение) <sup>2</sup>	3 м или менее		4 м или меньше
Ближняя зона нечувствительности <sup>3</sup>	не более 13м		не более 30 м
Оптический разъем	FC, SC, DIN, ST, DIAMOND, SMA		

Оптический мини-рефлектометр FH7220B (ANDO) – современный мини-рефлектометр со сменными оптическими блоками и автономным питанием, разработанный после многолетних испытаний рефлектометров в полевых условиях. Имея малый вес, габариты и невысокую стоимость, мини-рефлектометр FH7220B не уступает по своим характеристикам большинству полномасштабных рефлектометров.

Мини-рефлектометр FH7220B предназначен для контрольно-измерительных работ при монтаже, ремонте и аттестации волоконно-оптических линий связи. FH7220B может использоваться как ПК, работающий под DOS и Windows. Мини-рефлектометр имеет русифицированное меню экранных команд и поставляется с описанием на русском языке. Прибор сертифицирован МС РФ.

Важным достоинством ВОЛС является их потенциальная долговечность. Однако для обеспечения долголетней работы необходимы соответствующие условия и главное из них – отсутствие механических напряжений в ОВ. Повышенное натяжение ОВ в ВОК вызывает деградацию его прочностных характеристик, что в конце концов приводит к разрыву ОВ. Даже незначительное натяжение ОВ может привести к многократному уменьшению его срока службы. Поэтому надежность ВОЛС невозможно оценить, не имея достоверной информации о натяжении ОВ в кабеле. Обычные оптические рефлектометры не в состоянии определить натяжение ОВ, поскольку величина оптических потерь при возникновении напряжений в волокне, как правило, остается в пределах нормы вплоть до момента наступления необратимых изменений в ОВ.

Для решения этой задачи был создан бриллиантовый рефлектометр FH8602, позволяющий обнаруживать и анализировать величину механического напряжения в ОВ. Прибор также обладает всеми функциями обычного оптического рефлектометра.

Сочетание возможности измерения потерь и обнаружения обрывов со способностью определять надежность и предсказывать обрыв ОВ делает этот прибор незаменимым как при производстве и прокладке ВОК, так и при эксплуатации ВОЛС.

Основные характеристики FH8602 ANDO:

- высокая точность измерения механических напряжений: +0,01%;
- возможность работы в двух режимах (бриллиантового рефлектометра и обычного оптического рефлектометра);
- динамический диапазон измерения механических напряжений: до 20 дБ;
- динамический диапазон при измерении оптических потерь: до 32 дБ;
- высокое пространственное разрешение по длине: 2 м;
- разнообразные возможности анализа результатов (распределение механических напряжений по длине линии, спектральное распределение бриллиантового рассеяния, распределение оптических потерь и другие функции);
- возможность подключения внешних устройств (клавиатуры, принтера, монитора и т.д.).

Модель 7920 Helios – это современный оптический рефлектометр, основанный на принципе открытой архитектуры. Прибор имеет промежуточные размеры между мини- и большими рефлектометрами, имеет встроенный дисковод 3,5" (формата MS-DOS) для хранения и последующей обработки результатов измерений, встроенный принтер, электролюминесцентный дисплей. Helios предназначен для работы, как в полевых, так и в лабораторных условиях на всех видах волоконно-оптических трасс.

Серия рефлектометров MTS 5000 – это новая разработка «WAVETEK» в области тестирования ВОЛС.

Уникальное конструктивное решение позволяет устанавливать в приборы серии MTS 5000 два сменных оптических модуля и получать в одном приборе любую необходимую комбинацию оптических средств измерений, например, оптический рефлектометр + оптический тестер или одномодовый оптический рефлектометр + многомодовый оптический рефлектометр.

Приборы серии MTS 5000 могут оснащаться такими устройствами, как локатор дефектов в видимом диапазоне для обнаружения повреждений в коротких ВОК и ОВ и оптический телефон (оптический телефон прибора MTS совместим с телефоном оптических тестеров серии OTS).

Оптический рефлектометр Helios (Wavetek) – высокопроизводительный настольный прибор для проверки ОМ ВОЛС.

Оптический мини-рефлектометр MTS-5100 (Wavetek) совмещает оптический рефлектометр, лазерный источник излучения, измеритель мощности и телефона в одном приборе. Компактный аккумулятор позволяет работать до 16 часов в полевых условиях.

MTS 5100 – модульный оптический тестер для монтажа и обслуживания оптоволоконных сетей. Модульность прибора позволяет проводить проверку различных коммуникационных технологий (многомодовая ЛВС, одномодовая на большое расстояние и т.п.) с помощью одного и того же прибора. В MTS 5100 интегрировано большое количество функций (оптический рефлектометр, тестер потерь, телефон и т.п.), что значительно сокращает количество приборов, необходимых обслуживающему персоналу.

**Экспериментальные исследования работы оптического измерителя с измерением затухания оптического сигнала с разными длинами волн.** По результатам обзора характеристик оптических измерительных приборов видно, что рабочая длина

волны не превышает четвертое окно прозрачности. Приборы измерения не успевают обновлять свои технические параметры, что безусловно окажет влияние на качество и точности измерения при эксплуатации волоконно-оптических линий связи, и как мы видим с ростом утилизации трафика между магистральными линиями связи, где проложена оптика и в городских сетях в некоторых областях Казахстана оптическое оборудование постепенно переходит на пятое окно прозрачности. Чтобы выявить недостатки измерительных приборов проводится эксперимент, где на реальной оптической трассе будет измеряться затухание сигнала предложенными методами измерения параметров ВОЛС с оптическим измерителем с разной рабочей длины волны 1310 нм и 1625 нм для оценки погрешности.

**Оборудование для экспериментальной установки.** В эксперименте в качестве источника сигнала будет выступать оптический роутер компании Ericsson R6471.

Маршрутизатор (роутер) 6471 представляет собой компактный и закаленный при температуре ячеистый маршрутизатор, предназначенный для обеспечения высокого качества сетевых услуг при одновременном снижении эксплуатационных расходов за счет таких характеристик, как полностью безвентиляторная механическая конструкция.

Маршрутизатор 6471 обеспечивает на малой площади интерфейсы GE и 10GE с правильными затратами и превосходными возможностями синхронизации. Он поддерживает VPN сервисы по IP/MPLS сетям, SDN поставщика услуг, экспозицию сервисов с использованием NETCONF/YANG и обширные возможности качества обслуживания. Маршрутизатор 6471 оснащен мощными функциями безопасности, такими как IPSec, аутентификация учетных записей и программного обеспечения производителя, что обеспечивает безопасность данных даже в небезопасных средах. Обладая пропускной способностью 30 Гбит/с, маршрутизатор 6471 обеспечивает производительность, необходимую для полной поддержки протоколов LTE, LTE Advanced, 5G, сайтов доступа в течение многих лет. Компактный маршрутизатор 6471 является частью семейства продуктов Ericsson Router 6000 Series, радиоинженера, оператора мобильной связи с поддержкой SDN и IP-транспорта с учетом потребностей абонентов. Маршрутизатор 6000 предлагает ряд высокопроизводительных маршрутизаторов с функциями отказоустойчивости и форм-факторами, оптимизированных для различных потребностей сотовых узлов и транзитных сетей. Маршрутизаторы Ericsson серии 6000 являются важным компонентом системы Ericsson Radio и тесно интегрированы с радио- и микроволновым оборудованием Ericsson для обеспечения высокой пропускной способности мобильной связи с беспрецедентным качеством опыта.

Модули SFP используются для присоединения платы сетевого устройства (коммутатора, маршрутизатора или подобного устройства) к оптическому волокну или неэкранированной витой паре, выступающими в роли сетевого кабеля. Оригинальный трансивер Ericsson SFP-10G-LR – оптический модуль, который работает с одномодовым оптическим кабелем, на расстоянии до 10 км. Длина волны 1310 нм. Двойной LC/PC разъем. Диапазон рабочей температуры (0°C ~ 70°C). Трансивер SFP (Small Form-factor Pluggable), наследник GBIC. Практически самый распространенный в настоящее время формат модулей благодаря своим размерам. Эти модули, благодаря своим небольшим габаритам, позволили значительно увеличить плотность портов на сетевом оборудовании. Например, стало возможно размещать 52 порта на одном коммутаторе. Возможная скорость передачи данных 100 Mbps с использованием Ethernet (100 Mbps, 1 Gbps), а также SDH (155 Mbps, 622 Mbps, 1.25 Gbps, 2,488 Gbps) и FibreChannel (1, 2, 4, 8 Gbps). Модули SFP имеют интерфейс с двумя разъемами типа LC для подключения оптического кабеля к модулю.

Так же есть одноволоконные модули SFP WDM с разъемом типа SC и трансиверы с разъёмом RJ45. Существует деление SFP модулей по дальности передачи данных (550 м для многомодовых; 20, 40, 80, 120, 150 км для одномодовых модулей). SFP модули существуют в вариантах с различными комбинациями приёмника (RX) и передатчика (TX), что

позволяет выбрать необходимую комбинацию для заданного соединения, исходя из используемого типа оптоволоконного кабеля: многомод (ММ) или одномод (SM).

**Экспериментальные исследования.** На роутере будет задействован оптический порты с SFP модулями на рабочих длинах волн 1310 нм и 1625 нм. Сигнал от роутера будет проходить через оптическую трассу (рисунок 1) от А до Н схема протяженностью около 15 км.

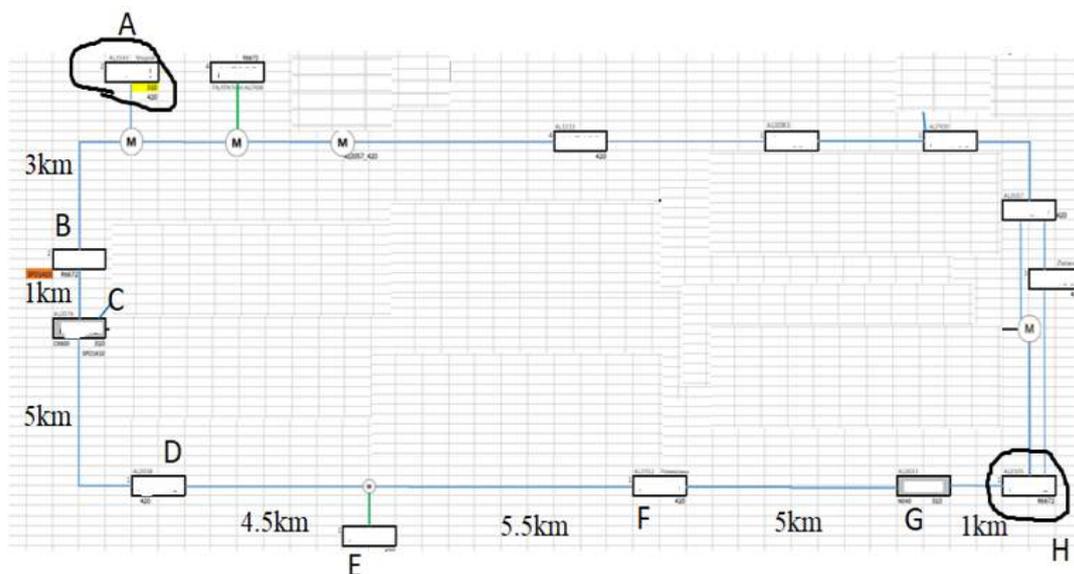


Рисунок 1 – Схема прокладки оптики в г.Алматы

Чтобы сигнал проходил от точки А до точки Н между ними нужно проложить перемычку на ODF точках С,Е,Г. Перемычка, которая проложена на точке С будет соединять точки В и D, точка Е соединяет D и F, и точка Г соединяет F и Н. Под точками имеются виду базовые станции, на которой проложена оптика, просто нумерация базовых станции сложная, поэтому обозначены алфавитными буквами. После того, как собрана трасса можно поднимать оптический порт 1/6 с установленным модулем SFP на длине волны 1310 нм. Входное переменное напряжение, которое подается на оптический роутер равна 48V далее он преобразуется в постоянное входное напряжение 3.28V. SFP модуль преобразует электрический сигнал в оптический, и далее сигнал распространяется по трассе на расстоянии 15 км.

Используя метод измерения двух точек был произведен замер уровня сигнала на точке Н, который был равен:

Tx Pwr measured[dbm] : 0  
Rx Pwr measured[dbm] : -6.17

Как видно, уровень приема равен -6.17 dbm также можно посмотреть на ответной стороне уровень передачи на точке А. Для этого надо подключиться к оптическому роутеру, можно удаленно по ip адресу или напрямую через консольный кабель.

Далее заменили SFP модуль, который работает на длине волне 1625 нм, подключили его 7 порт на роутере и произвели замер уровня сигнала на конце точки Н. Результат измерения представлен ниже

Tx Pwr measured[dbm] : 0  
Rx Pwr measured[dbm] : -9.57

Как видно, по результатам учитывая все внешние и внутренние факторы погрешность очень высокая, так как была замерена одна и та же трасса, и уровень приема ровен -9,57. На

основании исходных данных по норме затухания на трассе 15 км, затухание по подсчетам должно быть около в пределах -3,45 до -5,48. В каждом SFP модуле есть свои характеристики, где есть максимальное и минимальное пороговое затухание, если это значение будет больше или ниже чем пороговое, то данный модуль не будет принимать сигналы.

Получается что пятое окно прозрачности, которое не встроено в параметрах измерительных приборов дает весомые недостатки в виде не точности измерений. Ведь каждый дицелл затухания критично важен для работоспособности ВОЛС.

**Выводы.** Технология оптоволоконных сред передачи является новой, быстро развивающейся и наиболее перспективной, и измерения в этой области – важными. Учитывая требования высокой точности и автоматизации этого класса измерений, они выполняются системным измерительным оборудованием.

При прокладке кабелей необходимы пошаговые измерения участков кабелей, характеристик участков сварок и сопряжения кабельных сетей, а также окончательные измерения развёрнутой кабельной сети на этапе приемо-сдаточных испытаний и паспортизации кабельного хозяйства и ВОЛС. Измерения затухания оптических волокон выполняют в обоих направлениях передачи участков регенерации, что позволяет учесть различия значений измеряемых величин, обусловленные неоднородностями, и выбрать оптимальный вариант использования волокон кабеля. Затухания один из самых важных параметров при эксплуатации ВОЛС. В связи с этим были рассмотрены все методы и приборы измерения

В результате теоретических исследований методов измерений, которые используются при обслуживании ВОЛС, при изучении характеристик оптоволокна как температура и натяжения, было выявлено, что метод бриллюэновской рефлектометрии не способен дать точную величину натяжения из-за его погрешности на которой влияет изменения температуры. Стало ясно, что оказывается не предусмотрено качество волокна из которого он изготавливается. И что самый оптимальный метод измерений в городских сетях – это метод двух точек так как там нет необходимости обрабатывать оптику и производит измерений, потому что там стоят муфты уже разваренные под ODF достаточно на ответной стороне произвести замер сигнала и сравнить его первичным сигналом.

### Литература

1. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. – Москва: ЛЕСАРпт, 2005. – 208 с.
2. P. Matthijsse, G. Kuut, фирма Draka Comteq Fibre (Германия) Влияние изгибов оптических волокон на их характеристики. // Наука и техника. – 2005. – № 4 (293). – С. 17-22.
3. Мамедов А.М., Потапов В.Т. Одноволоконные распределенные волоконно-оптические датчики физических величин. // Радиотехника. – 2004. – №12. – С. 61-67.
4. Чернов Б.К., Каминейкий И.С. Технология грубого спектрального плотнения основы построения и перспективы развития. // Научно технический журнал «Lightwave russian edition». – 2004. – №2. – С. 20-27.
5. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. – М.: ЛЕСАРпт, 2003.
6. Suzuki K., Horiguchi T., Seikai S. Optical time domain reflectometer with a semiconductor laser amplifier. – Electron. Lett., 1984, 20, No 18, pp. 714-716.
7. Vita P.Di., Rossi V. The backscattering technique: Its field of applicability in fibre diagnostics and attenuation measurements. – Opt.Quant.Electron., 1980, 12, No 1, pp. 17-22.
8. Официальный сайт vols.expert <https://vols.expert/useful-information/izmereniya-vols/> (дата обращения 20.02.2021)

9. Официальный сайт «инструменты и приборы для оптоволокна» URL: <https://fibertop.ru/> (дата обращения 24.02.2021)
10. Blank L., Spirit D. OTDR measurement range enhancement through fiber amplification. – Opt. Fiber. Commun. Conf., San Francisco, Calif., 1990, pp. 126-127.

### References

1. Listvin A.V., Listvin V.N. Reflectometry of optical fibers. – Moscow: LESARart, 2005. – 208 p.
2. P. Mattheiss, G. Kuyt, "The Fight Comteq Fibre (Germany)". Influence of bends of optical fibers on their characteristics. // Science and Technology. – 2005. – No 4 (293). – pp. 17-22.
3. Mammadov A.M., Potapov V.T. Fiber-optic distributed single-fiber sensors of physical quantities. // Radio engineering. – 2004. – No. 12. – pp. 61-67.
4. Chernov B.K., Kaminetsky I.C. Technology of coarse spectral density the basics of construction and prospects of development. // Scientific and technical journal "Constructions of the Russian edition". – 2004. – No. 2. – pp. 20-27.
5. Listvin A.V., Listvin V.N., Shvyrkov D.V. Optical fibers for communication lines. – M.: LESARart, 2003.
6. Suzuki K., Horiguchi Ya., Seikai S. Optical reflectometer in the time domain with a semiconductor laser amplifier. – Electron. Lett., 1984, 20, No 18, pp. 714-716.
7. Vita P.Di., Rossi V. The backscattering method: the scope of application of Jts in fiber diagnostics and attenuation measurements. – Opt.Quantum.Electron., 1980, 12, No 1, pp. 17-22.
8. Official website of the expert volume <https://vols.expert/useful-information/izmereniya-vols/> (accessed 20.02.2021)
9. URL of the official website of "tools and devices for optical fiber": <https://fibertop.ru/> (accessed 24.02.2021)
10. Blank L., Spirit D. Expansion of the OTDR measurement range due to fiber amplification. – Wholesale. Fiber. Commune. Conf., San Francisco, California, 1990, pp.126-127.

**КЕМЕЛБЕКОВ Б.Ж.** – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

**ОМАРОВА Б.А.** – э.ғ.к., PhD, қауым. профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

**ОМАРОВА Г.А.** – э.ғ.к., PhD, қауым. профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

### ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ КАБЕЛЬДЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ МЕН ПАЙДАЛАНУ СЕҢІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

#### *Аңдатпа*

*Жұмыста талшықты-оптикалық байланыс желілерін өлшеу әдістеріне шолу, сондай-ақ ТОВЖ жұмысында қолданылатын өлшеу құралдарын талдау ұсынылған. Негізінен талшық параметрлерін өлшеу кезінде қолданылатын өлшеу құралдарының сипаттамалары қарастырылады. Эксперименттік зерттеу жүргізіледі, онда эксперимент нәтижелері бойынша мөлдірліктің бесінші терезесінде жұмыс істейтін оптикалық сигналдың әлсіреуін өлшеуге қатысатын өлшеу құралдарының қандай кемшіліктері бар екендігі белгілі болады.*

*Түйін сөздер:* рефлектометр, оптикалық кабель, әлсіреу, маршрутизатор, оптикалық жол, бір режим, көп режим, дисперсия.

**KEMELBEKOV B.Zh.** – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**OMAROVA B.A.** – c.e.s., PhD, assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**OMAROVA G.A.** – c.e.s., PhD, assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

## INVESTIGATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS AND OPERATIONAL RELIABILITY OF FIBER-OPTIC CABLES

### *Abstract*

*The paper presents an overview of measurement methods of fiber-optic communication lines, as well as an analysis of measuring devices that are used in the operation of fiber-optic communication lines. The characteristics of measuring devices that are used for measuring fiber parameters are mainly considered. An experimental study is being conducted, where, according to the results of the experiment, it will be known what disadvantages the measuring devices that participate in measuring the attenuation of an optical signal operating in the fifth transparency window have.*

**Keywords:** reflectometer, optical cable, attenuation, router, optical route, single-mode, multimode, dispersion.

УДК 625

**ИБРАГИМОВ О.А.** – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**КУРМАНОВА Ш.К.** – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский Национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева)

**ЛЕЩЕНКО А.** – магистр (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### *Аннотация*

*Сейсмические характеристики зданий железобетонных конструкции с элементами, поврежденными коррозией, следует оценивать количественно и непосредственно, используя коэффициент снижения конструктивных характеристик, основанный на способности к деформации, то есть способности рассеивать энергию. Это позволит точно оценить сейсмические характеристики радиоуправляемых конструкций.*

*Основная цель исследования – предложить практическую методологию оценки сейсмических характеристик зданий железобетонных конструкции с элементами,*

поврежденными коррозией. Коэффициент ухудшения конструктивных характеристик, определяемый прочностно-деформационной способностью проржавевших элементов, используется для количественной и прямой оценки их сейсмических характеристик.

**Ключевые слова:** прочность при изгибе, усиленная коррозия, остаточная прочность.

**Введение.** Железобетонные конструкции (ЖК) являются наиболее распространёнными структурными системами в современном обществе из-за их низких затрат на строительство и техническое обслуживание и высокой долговечности по сравнению с другими типами конструкций. Однако структурные характеристики конструкций ЖК со временем ухудшаются по различным причинам, таким как изменения условий окружающей среды, проектная нагрузка и свойства материалов, а также ошибки в проектировании конструкций и дефектная конструкция. Среди этих факторов коррозия арматуры является одной из основных причин износа, затрагивающей большое количество конструкций ЖК [1-10]. Это приводит к сокращению срока службы и снижению конструктивных характеристик (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ухудшение конструктивных характеристик железобетонной конструкции, вызванное коррозией арматуры

Основными причинами этой коррозии являются хлорид и карбонизация, возникающие в результате воздействия элементов атмосферы или окружающей среды, таких как море, соли против обледенения и загрязнение. Ханссон и Шамсад исследовали механизм коррозии стальных стержней и влияние коррозии на элементы ЖК; было обнаружено, что разрушение конструкции происходит в соответствии со следующими стадиями:

1. Образование белых пятен: атмосферный диоксид углерода вступает в реакцию с гидроксидом кальция в цементной пасте, образуя карбонат кальция. Этот карбонат кальция переносится влагой и осаждается на поверхности бетона, образуя белые пятна.

2. Коричневые пятна на укрепленных участках: когда стальной стержень начинает подвергаться коррозии, на верхней части стержня образуется слой оксида железа, который переносится влагой на поверхность бетона.

3. Образование трещин: продукты коррозии занимают больше места, чем исходный материал; следовательно, они оказывают давление на бетон и растрескивают его. По мере усиления коррозии образуются дополнительные, более широкие трещины.

4. Отслоение бетонного покрытия: из-за потери связи между бетоном и сталью бетон начинает образовывать несколько слоев чешуи и отслаивается. Размеры стальных стержней также уменьшены.

5. Защелкивание стержней: из-за уменьшения размера стальных стержней они в конечном итоге защелкиваются. Основные столбцы также показывают значительное уменьшение в размерах.

6. Изгиб стержней: откол бетонного покрытия и защелкивание стержней приводят к изгибу основных стержней. Это приводит к выпуклости бетона и может повлиять на целостность и срок службы ЖК.

Снижение предела текучести в результате уменьшения эффективной площади стальной арматуры уменьшает растягивающее усилие, которому может противостоять стальная арматура. Кроме того, прочность бетона на сжатие снижается из-за отслоения его поверхностей. В результате вся конструкция разрушается из-за серьезного ухудшения эксплуатационных характеристик конструкции.

Кроме того, в последние годы во всем мире часто происходят землетрясения. Если ЖК в сейсмоопасных районах серьезно подвержены коррозии, это неизбежно повлияет на их сейсмические характеристики и безопасность. Как показано на рисунке 2, повторно – коррозия арматуры элементов ЖК оказывает значительное влияние на ухудшение структурных характеристик (т.е. ухудшение сейсмических характеристик), вызванное землетрясениями [2], как видно из недавних сильных землетрясений, включая землетрясение 1995 года в Кобе в Японии (М 7,3), землетрясение 1999 года в Джиджи на Тайване (М 7,3), землетрясение 1999 года в Измире в Турции (М 7,4), землетрясение 2008 года в Сычуани в Китае (М 8,0), землетрясение 2010 года в Чили (М 8,8), землетрясение 2012 года в Восточной Японии (М 9,0), землетрясение 2013 года в Лушане в Китае (М 7,0) и землетрясение в Кумамото в Японии в 2016 году (магнитуда 7,0).



Рисунок 2 – Коррозия элементов ЖК, поврежденных во время землетрясения 1999 года в Измире, в Турции

Несмотря на то, что интенсивность землетрясений была относительно низкой, мы можем видеть из наблюдений за зданиями, поврежденными во время землетрясения Ниигата-кен Чуэцу 2004 года в Японии (М 6,8), а также землетрясения в Пхохане 2017 года в Корее (М 5,4), что коррозия элементов ЖК, включая балки и колонны, повлияла на разрушение. Коррозия стали со временем приводит к потере сцепления между арматурой и бетоном, в дополнение к значительным потерям в поперечных сечениях арматурных стержней. В результате этих потерь арматурные стержни и бетон больше не работают

согласованно, так что конструктивный элемент теряет значительную часть своей поперечной несущей способности.

Поэтому очень важно исследовать влияние сейсмических характеристик с точки зрения прочности и поперечной деформируемости поврежденных коррозией элементов ЖК на сейсмические характеристики всей системы здания. Это позволит нам точно оценить сейсмические характеристики конструкций ЖК с проржавевшими элементами, включая балки и колонны.

Однако современные методы оценки сейсмических характеристик существующих конструкций ЖК, в том числе описанные в руководящих принципах Министерство по чрезвычайным ситуациям Казахстана, и стандарте «Ассоциация аварийно-спасательных служб Республики Казахстан» [11], не в полной мере учитывают влияние ухудшения характеристик элементов ЖК, включая коррозию стальных стержней.

В соответствии с руководящими принципами МЧС [11], сейсмические характеристики зданий ЖК следует оценивать с учетом степени повреждения и воздействия на пропускную способность каждого поврежденного элемента. Разрушение бетона и арматурной стали может значительно снизить поперечную прочность бетонных элементов. Осмотр объекта может потребоваться для оценки последствий износа бетона и арматурной стали. Однако оценка сейсмических характеристик зданий ЖК, включая влияние элементов, поврежденных коррозией, основана просто на эвристических суждениях при следовании руководству МЧС, в котором не указана какая-либо процедура количественного анализа.

Казахстанский стандарт [12] оценивает сейсмическую стойкость существующих зданий ЖК на каждом этаже и в каждом направлении, используя следующий индекс сейсмической способности IS:  $IS = E_0 \cdot S_D \cdot T$ . В этом уравнении  $E_0$  – это базовый индекс конструктивных характеристик, рассчитанный с учетом предельной горизонтальной прочности, пластичности, количества этажей и конкретного соответствующего этажа. ИИ (индекс неравномерности) – это субиндекс конструктивного проекта, который используется для изменения  $E_0$  в соответствии с неравномерностями формы здания и распределением жесткости по высоте здания.  $T$  (индекс времени) является субиндексом зависящего от времени износа здания и используется для изменения  $E_0$  в соответствии с ухудшением прочности и пластичности.

Индекс времени определяется с помощью проверок на местах, оценивающих последствия структурного износа и старения. Это требует первоначальной проверки, последующей проверки и более детальных дополнительных проверок. Во время первоначального осмотра  $T = 0,8$  принимается для зданий старше 30 лет, в то время как  $T = 0,9$  используется в случаях со значительным отслоением внутренней отделки. Наименьшие значения  $T$ , полученные в результате проверки на месте, следует умножить на  $E_0$ , указанное выше. При последующих и дополнительных подробных проверках принимается  $T_i = 0,05$ , если более одной трети от общего числа элементов, проверенных в каждом направлении, имеют проржавевшие арматурные стержни (здесь  $T_i$  – показатель времени для проверенного участка,  $i$ ). Наконец, на основе взвешенного значения  $T_i$  для каждого проверенного этажа, а также состояния элементов, включая балки и колонны, общий  $T$  используется для оценки сейсмических характеристик старых зданий ЖК, которые ухудшаются при коррозии. По сравнению с руководящими принципами МЧС, строительные нормы могут быть использованы для количественной оценки сейсмических характеристик зданий ЖК с учетом влияния элементов, поврежденных коррозией, с использованием  $T$ , описанного в уравнении. Однако зависимость ухудшения прочности и пластичности между  $Is$  и  $T$ , которая используется для модификации  $E_0$ , не является надежной: государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан представляют собой методику косвенной оценки.

В предыдущих исследованиях сейсмические характеристики конструкций ЖК оценивались в основном на основе прочности и деформационной способности самой конструкции здания, т.е. с помощью программы структурного анализа, основанной на структурных чертежах и измеренной прочности материала. В этом случае коэффициент снижения долговечности рассчитывается непосредственно и количественно с учетом износа элементов ЖК, поврежденных коррозией, в дополнение к косвенной и качественной оценке для оценки сейсмических характеристик конструкций ЖК.

В немногих исследованиях сейсмических характеристик учитывалось влияние износа элементов ЖК, подверженных коррозии, и количественный коэффициент уменьшения, основанный на способности элементов, поврежденных коррозией, к деформации по сравнению с незатронутыми элементами, окончательно не определен. В различных обзорах, отчетах и исследованиях подчеркивается, что коррозия арматуры является основной причиной износа элементов ЖК [13, 14].

Следовательно, сейсмические характеристики зданий ЖК с элементами, поврежденными коррозией, следует оценивать количественно и непосредственно, используя коэффициент снижения конструктивных характеристик, основанный на способности к деформации, т.е. способности рассеивать энергию. Это позволит точно оценить сейсмические характеристики радиоуправляемых конструкций.

Основная цель этого исследования – предложить практическую методологию оценки сейсмических характеристик зданий ЖК с элементами, поврежденными коррозией. Коэффициент ухудшения конструктивных характеристик, определяемый прочностно-деформационной способностью проржавевших элементов, используется для количественной и прямой оценки их сейсмических характеристик.

Для определения скорости и характера коррозии в ЖК-конструкциях применялись различные методы. Одним из наиболее популярных методов является электрохимическое измерение, которое позволяет оценить связанные с коррозией параметры, такие как потенциал полуэлемента, удельное сопротивление бетона и плотность тока коррозии [4]. Потенциал полуэлемента можно использовать для определения склонности к коррозии с помощью электрода сравнения и вольтметра. Потенциал полуэлемента был использован Прадханом и Бхаттачарджи для определения показателя начала коррозии бетонных конструкций. Благодаря своей простоте и экономичности метод измерения коррозионного потенциала широко используется для проверки коррозии арматурных стержней в ЖК-конструкциях.

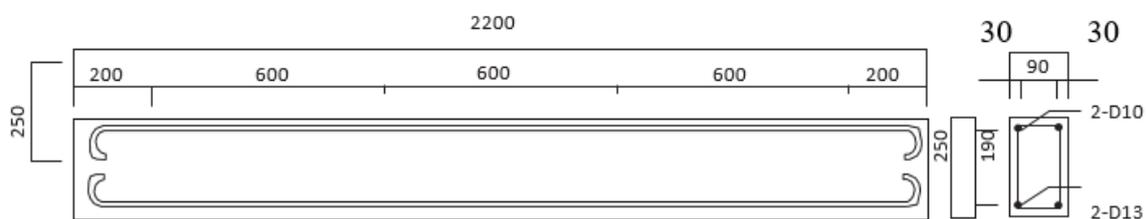
В этом исследовании, в качестве первого шага к достижению основной цели исследования, указанной выше, было экспериментально исследовано влияние коррозии арматурных стержней на поведение ЖК-балок и коэффициент ухудшения конструктивных характеристик, который основан на способности балок, поврежденных коррозией, к деформации на прочность.

Для этой цели были разработаны два типа балок; 8 образцов были использованы для оценки разрушения балок при изгибе и 8 для оценки разрушения балок при сдвиге; таким образом, в общей сложности было использовано 16 образцов. Для оценки ускоренной коррозии арматурного стержня был применен метод импрессионного тока. Для испытания балки мы использовали испытание на изгиб в четырех точках в условиях простой поддержки. Коррозионный потенциал арматурного стержня был количественно измерен на основе потенциала полуэлемента. Затем мы оценили взаимосвязь между коэффициентом деградации производительности и средней разностью потенциалов в терминах напряжения для поврежденных коррозией ЖК-балок, подвергнутых изгибу и сдвигу.

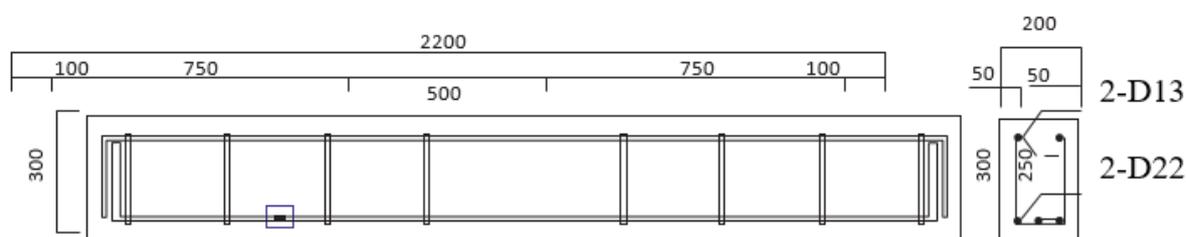
**Материалы использованные при проведении исследования.** Мы использовали бетон с прочностью на сжатие 24,4 МПа. Цилиндрические образцы были отлиты

одновременно с изготовлением и отверждением балок в тех же условиях отверждения. Прочность на сжатие измеряли с использованием цилиндрических образцов с размерами  $\approx 100\text{-}200$  мм в соответствии с ASTM C39/C39M. Деформированные арматурные стержни D16 и D13 с пределом текучести 460 МПа и пределом прочности 495 МПа использовались в качестве продольных арматурных стержней и стержней соответственно. Предел текучести и предел прочности арматурных стержней при растяжении были измерены в соответствии с ASTM E8/E8M.

**Проектирование и изготовление балок.** Для исследования влияния коррозии арматурных стержней на изгиб и сдвиг ЖК-балок в соответствии со строительным кодексом ACI 318 были разработаны два типа балок (всего 16 образцов). Как показано на рисунке 3, все образцы имели общую длину 2200 мм. Балки типа разрушения при изгибе имели поперечное сечение 150-250 мм, а балки типа разрушения при сдвиге имели поперечное сечение 200-300 мм. Коэффициент поперечного среза ( $a/d$ ) балки типа разрушения при сдвиге был равен 3.



(а) Медный провод был встроен в положение 450 мм от опоры



(б) Медный провод был встроен в положение 450 мм от опоры

Рисунок 3 – Детали усиления балок: (а) балка типа разрушения при изгибе и (б) балка типа разрушения при сдвиге.

Балка с разрушением при изгибе была спроектирована так, чтобы иметь продольные усиления в виде двух стержней D13 (растяжение) и двух стержней D10 (сжатие), а также поперечные усиления в виде стержней D10 на 150 и 100 мм, с замкнутым контуром, используемым в области чистого изгиба и области между точками опоры, и нагрузки. Балка с разрушением при сдвиге была спроектирована таким образом, чтобы иметь продольное усиление из трех стержней D13 при растяжении и двух стержней D10 при сжатии и усиление при сдвиге в виде стержней D10 на 150 и 100 мм, с разомкнутым стремением, используемым в области чистого изгиба и области между опорой и точками нагрузки. Образцы F-B0 и S-B0 использовались в качестве контрольных образцов балок типа разрушения при изгибе и сдвиге, соответственно, без проржавевших арматурных стержней. Образцы FB-C0-FB-C7 и SB-C0-SB-C7 последовательно разрушались в результате коррозии арматурных стержней. Чтобы ускорить коррозию арматурного стержня, в положение 450 мм от опоры была вмонтирована медная проволока.

Мы изготовили образцы балок, собрав каркас из арматурного стержня, как показано на рисунке 4.



(a)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 4 – Процесс изготовления балки: (а) сборка каркаса арматурного стержня, (б) проволока для защиты арматурного стержня от коррозии, (в) установка каркаса арматурного стержня и (г) укладка бетона.

Затем была установлена проволока для ускорения коррозии арматурного стержня, и каркас из арматурного стержня был помещен в опалубку. Наконец, бетон был помещен в образец.

**Ускоренная коррозия арматурных стержней.** Для ускорения коррозии арматурного стержня была применена технология, применяемая в настоящее время. Образцы пучка помещали в резервуар через 30 дней после отливки, как показано на рисунке 5; в качестве электролита использовали 5%-ный раствор NaCl. Уровень раствора в резервуаре был отрегулирован таким образом, чтобы он был примерно на 2 см ниже верхней поверхности балок, чтобы обеспечить достаточное погружение всех арматурных стержней. Затем образцы пучка были объединены с источником питания постоянного тока. Мы использовали встроенный арматурный стержень в качестве анода и внешнюю пластину из нержавеющей стали в качестве катода, чтобы ускорить коррозию арматурного стержня. Чтобы смоделировать структурную деформацию усиленной балки в зависимости от степени коррозии арматурного стержня, в качестве тестовой переменной была включена продолжительность процесса ускоренной коррозии. Продолжительность ускоренной коррозии увеличивалась с увеличением количества образцов балок для получения желаемого последовательного структурного повреждения балок. Образцы FB-C1-FB-C7 и SB-C1-SB-C7 последовательно перемещали из резервуара и высушивали.

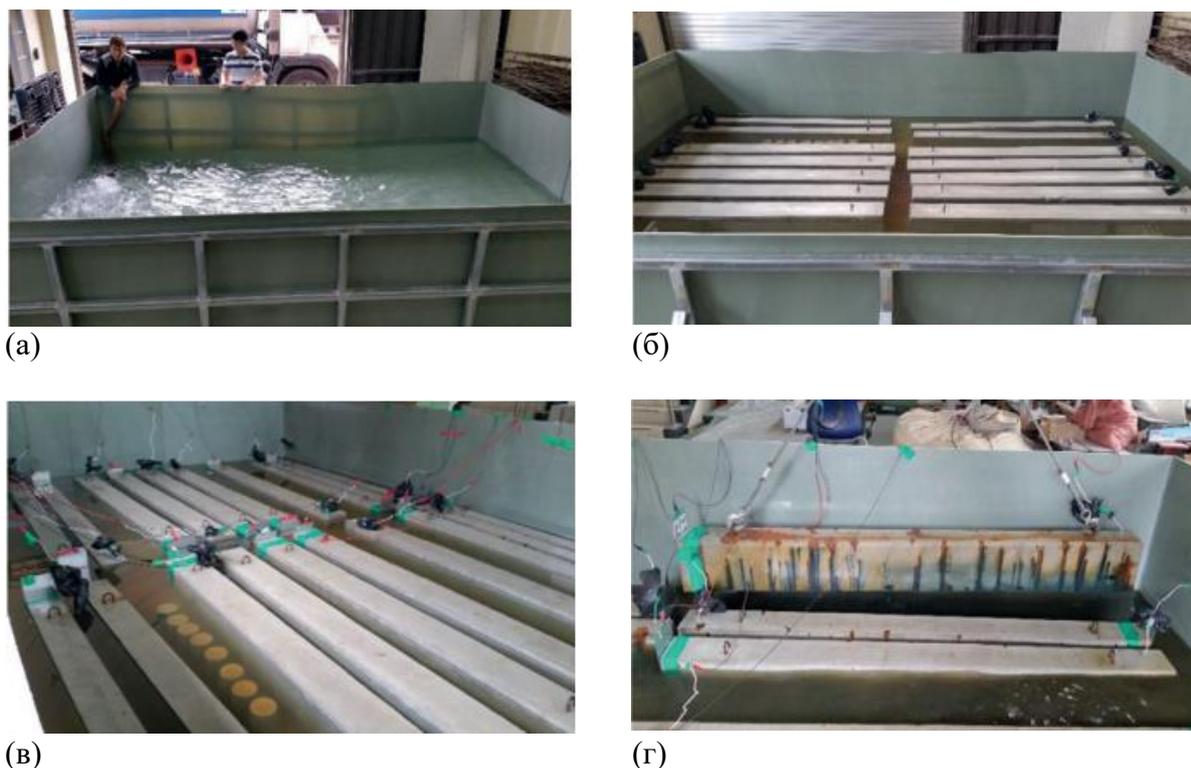


Рисунок 5 – Установка для ускоренной коррозии: (а) резервуар с 5% раствором NaCl, (б) погружение балки, (в) ускоренная коррозия и (г) корродированная балка.

Затем измеряли потенциальное поле на поверхности бетона с помощью электрода с полуэлементом и высокоимпедансного вольтметра; этот вольтметр является одним из устройств, рекомендованных для измерения потенциала коррозии в ASTM C876 [15]. Область измерения была покрыта с боков шестью точками в пределах  $\pm 20$  см от центральной линии медного провода, который был встроен в положение 450 мм от опоры и вертикально в четырех точках с интервалом 62,5 см для балки с повреждением при изгибе и 75 см для балки с повреждением при сдвиге. Таким образом, всего для каждого луча было 24 точки измерения (по 4 точки в каждой строке и по 6 точек в каждом столбце).

**Программа тестирования.** Все балки были подвергнуты испытанию на изгиб в четырех точках в условиях ограниченной опоры, как показано на рисунке 6.



Рисунок 6 – Тестовая настройка

Чистый диапазон изгиба между двумя точками нагрузки составлял 600 мм для балки с повреждением при изгибе и 500 мм для балки с повреждением при сдвиге. Испытание на изгиб проводилось с использованием универсальной испытательной машины. Монотонная поперечная нагрузка применялась при регулировании нагрузки (скорость загрузки 20 кН/мин) до тех пор, пока нагрузка не достигала 50% от ожидаемой максимальной нагрузки. Затем нагрузка прикладывалась под контролем перемещения со скоростью загрузки 0,7 мм/мин. После достижения пиковой нагрузки применялась дополнительная нагрузка до тех пор, пока нагрузка не достигала 70% от пиковой нагрузки, а затем сбрасывалась. Отклонение в средней части каждого образца измерялось с помощью линейных дифференциальных преобразователей с переменной величиной.

**Результаты экспериментальных исследований натуральных изгибаемых железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях.** В целом, изгибное поведение образца FB-C0 было аналогично типичному поведению балок с недостаточным усилием. Балки FBC от 1 до FB-C7, каждая из которых была подвержена коррозии в разной степени, демонстрировали аналогичные модели отказов, как и балка FBC 0. Однако заметили, что количество ржавчины увеличивалось по мере увеличения продолжительности ускоренной коррозии, которая количественно представлена потенциалом полуэлемента. Прогиб, соответствующий предельной нагрузке, значительно варьировался в зависимости от продолжительности ускоренной коррозии, от 80 до 110 мм.



(a)



(б)



(в)

Рисунок 7 – Модели растрескивания и разрушения балок типа разрушения при сдвиге: (а) балка SBC 0, (б) балка SB-C4 и (в) балка SBC 7.

На рисунке 7 показаны схемы растрескивания в среднем размахе для балок типа разрушения при сдвиге. В случае балки SB-C0 трещина началась вблизи среднего размаха балки при нагрузке 22,0 кН, а соответствующий прогиб балки в среднем размахе составил 0,52 мм. Диагональная трещина наблюдалась в правой части балки при нагрузке 90,2 кН (прогиб 2,67 мм). Количество и ширина трещин увеличивались до тех пор, пока не была достигнута максимальная нагрузка (182 кН). После максимальной нагрузки мы наблюдали быстрое падение нагрузки, когда диагональная трещина достигла верхней поверхности.

В целом, поведение образца SB-C0 было относительно похоже на типичное хрупкое поведение балок при разрушении при сдвиге. Балки SB-C1-SB-C7, каждая из которых была подвержена коррозии в разной степени, демонстрировали аналогичную прочность на растрескивание и соответствующие прогибы, а также схожие модели разрушения с балкой SB-C0. Однако мы также заметили, что количество ржавчины увеличивалось по мере увеличения продолжительности ускоренной коррозии. Предельная нагрузка и максимальный прогиб значительно варьировались в зависимости от продолжительности ускоренной коррозии.

На рисунке 8 показаны кривые нагрузки и прогиба балок типа разрушения при изгибе (серия FB-C) и балок типа разрушения при сдвиге (серия SB-C) соответственно.

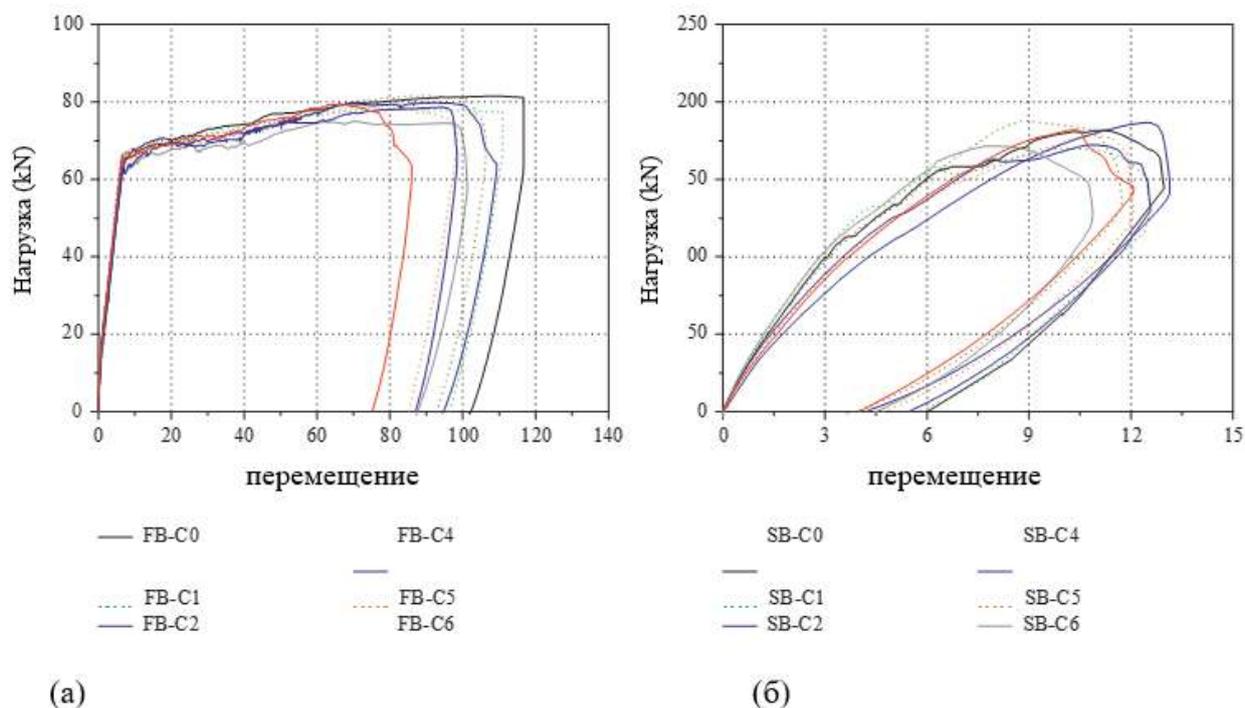


Рисунок 8 – Кривые нагрузки и прогиба в среднем размахе балок: (а) балки типа разрушения при изгибе и (б) балки типа разрушения при сдвиге.

Лучи серии FB-C демонстрировали аналогичное поведение до их конечного состояния. Значения нагрузки и прогиба каждой балки при начальном растрескивании бетона, податливость арматуры при растяжении, а также предельная нагрузка, коэффициент пластичности, рассеиваемая энергия и коэффициент ухудшения характеристик.

Все балки типа разрушения при изгибе (серии FB-C) демонстрировали аналогичные нагрузки на растрескивание и прогибы в диапазоне от 10,3 до 13,1 кН и от 0,44 до 0,59 мм соответственно, а также аналогичные нагрузки на предел текучести и прогибы в диапазоне от 62,6 до 63,2 кН и от 6,21 до 6,48 мм соответственно. В предельном состоянии разница

между предельными нагрузками составляла менее 11,7%. Максимальная разница в смещении, соответствующая предельным нагрузкам и коэффициенту деградации, составила 34,1% и 30,1% соответственно.

Таблица 1 – Основные результаты исследования

Балка	Первое растрескивание		Податливость арматуры		Предел прочности		Энергия рассеивания (кН-мм)	φ* (%)
	Нагрузка (кН)	Отклонение (мм)	Нагрузка (кН)	Отклонение (мм)	Нагрузка (кН)	Отклонение (мм)		
FB-C0	10.3	0,49	65.0	7.00	81.6	116.7	8,298	100.0
FB-C1	12.5	0.50	66.5	6.68	78.9	100.9	7,521	90.6
FB-C2	13.1	0.59	66.6	6.54	77.4	110.9	7,639	92.1
FB-C3	12.7	0.55	62.6	6.48	80.7	101.4	7,404	89.2
FB-C4	10.7	0.46	63.4	6.90	78.4	95.6	6,683	80.5
FB-C5	10.8	0.44	65.0	6.21	72.0	98.7	6,659	80.3
FB-C6	10.6	0.44	63.2	6.75	74.3	97.4	6,651	80.2
FB-C7	12.1	0.50	66.0	6.55	77.2	76.9	5,797	69.9
SB-C0	22.0	0.52	158.3	7.04	181.9	11.3	1,301	100.0
SB-C1	21.9	0.48	89.6	2.25	169.8	10.0	1,267	97.3
SB-C2	18.0	0.39	93.9	3.24	172.3	11.0	1,178	90.5
SB-C3	18.3	0.45	74.0	2.14	187.7	9.0	1,121	86.2
SB-C4	16.0	0.50	79.6	3.16	186.7	12.5	1,090	83.7
SB-C5	18.1	0.50	106.7	3.82	178.1	11.1	1,101	84.6
SB-C6	23.7	0.49	98.3	2.79	171.4	7.8	1,056	81.1
SB-C7	19.3	0.51	82.5	2.88	181.9	10.3	995	76.4

\* Коэффициент снижения производительности..

По результатам этих испытаний (табл. 1) мы пришли к выводу, что коррозия арматурных стержней оказывает негативное влияние на деформацию, соответствующую предельной нагрузке и способности рассеивать энергию, которая может быть выражена как коэффициент деградации. Влияние коррозии на изгибные свойства балок до предельного состояния и предельной нагрузки было менее значительным. Рассеивание энергии пучков серии FB-C уменьшалось по мере увеличения потенциала полуэлемента. Уменьшение рассеивания энергии FB-C7, который демонстрировал максимальный абсолютный потенциал полуэлемента, составило до 30,1% по сравнению с контрольным лучом FB-C0.

Это было связано с уменьшением эффективной площади арматурного стержня из-за коррозии [13, 14].

Как и ожидалось, все балки серии SB-C демонстрировали хрупкое разрушение по сравнению с балками серии FB-C. Кроме того, наблюдались большие различия в растрескивании, податливости и конечном состоянии балок в отношении коррозии арматурного стержня, чем в случае балок серии FB-C. Максимальное снижение первой нагрузки на растрескивание, нагрузки на растяжение арматуры и предельной нагрузки составило 27,4%, 53,3% и 10,3% соответственно. Хотя наблюдалось значительное снижение нагрузки на первое растрескивание и нагрузки на растяжение арматуры по сравнению с балками серии FB-C, влияние коррозии арматурного стержня на конечное состояние было менее значительным. Рассеивание энергии пучков серии SB-C также уменьшалось с увеличением потенциала полуэлемента. Рассеивание энергии SB-C7, которое также демонстрировало максимальный абсолютный потенциал полуэлемента, было на 23,6% ниже, чем у управляющего луча SB-C0.

На рисунке 9 показана взаимосвязь между коэффициентом ухудшения производительности и средней разностью потенциалов. Мы применили эмпирические регрессионные модели для получения количественной зависимости между коэффициентом снижения производительности и средней разностью потенциалов.

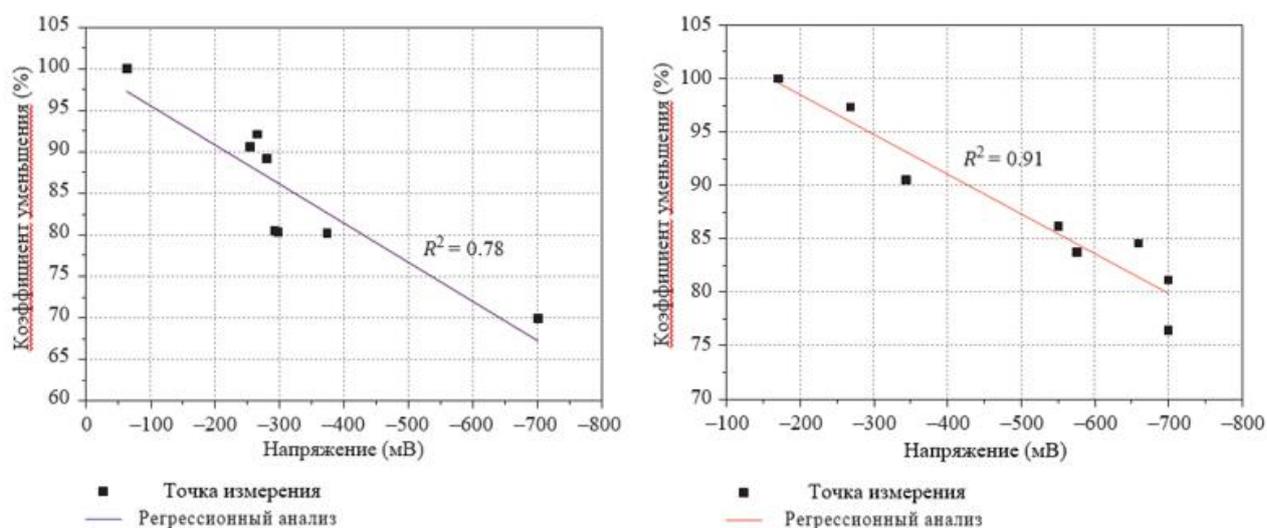


Рисунок 9 – Взаимосвязь между коэффициентом ухудшения производительности и средней разностью потенциалов в терминах напряжения: (а) балки типа разрушения при изгибе и (б) балки типа разрушения при сдвиге.

Как показано на рисунке 9, обнаружили относительно сильную корреляцию между коэффициентом снижения производительности и средней разностью потенциалов. Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) лучей серии FB-C и лучей серии SB-C составили 0,78 и 0,91 соответственно.

С другой стороны, хорошо известно, что значение измерения потенциала полуэлемента не может быть использовано для оценки структурных свойств элементов ЖК, поскольку на результаты измерений потенциала полуэлемента влияют степень влажности бетона, содержание кислорода вблизи арматуры, микротрещины и т.д. Показанные результаты указывают на то, что разность потенциалов, измеренная с использованием метода полуэлемента, может служить одним из параметров для индикации относительной структурной деградации, если используются одни и те же условия окружающей среды.

Используя соотношение между коэффициентом ухудшения характеристик и средней разностью потенциалов в терминах напряжения, можно оценить способность поглощения энергии, рассчитанную на основе способности к деформации на прочность поврежденных коррозией элементов ЖК. Результат каждой способности поглощения энергии поврежденных коррозией элементов может быть использован для прогнозирования сейсмической способности целых зданий ЖК. Например, для элементов, поврежденных коррозией, базовый индекс конструктивных характеристик (ЕО), рассчитанный относительно предельной горизонтальной прочности и пластичности для каждого элемента, может быть количественно и непосредственно рассчитан при применении японского стандарта для сейсмической оценки целых зданий ЖК.

**Выводы.** Таким образом, экспериментально исследовали влияние коррозии арматурных стержней на изгиб и сдвиг ЖК-балок и предложили взаимосвязь между потенциалом полуэлемента проржавевших арматурных стержней и ухудшением конструктивных характеристик ЖК-балок. Из экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Поведение управляющих балок при изгибе и сдвиге в целом было аналогично типичному поведению балок с недостаточным усилием. Поперечные и изгибные балки, проржавевшие в разной степени у разных производителей, демонстрировали те же характеры отказов, что и контрольная балка. Однако также заметили, что количество ржавчины увеличилось, а предельная нагрузка и максимальный прогиб значительно изменились с увеличением продолжительности ускоренной коррозии.

2. Основываясь на результатах испытаний балок на изгиб, пришли к выводу, что коррозия удерживающих стержней отрицательно влияет на деформацию, соответствующую предельной нагрузке и способности рассеивать энергию, которую мы выразили как коэффициент деградации. Влияние коррозии на арматурные стержни до предельного состояния и предельной нагрузки было менее значительным. Диссипация энергии изгибных пучков уменьшалась с увеличением потенциала полуэлемента. Рассеивание энергии образца, который демонстрировал максимальный потенциал полуэлемента аб-растворенного вещества, уменьшилось на 30,1% по сравнению с контрольным лучом.

3. Все балки, управляемые сдвигом, демонстрировали хрупкое разрушение по сравнению с балками, управляемыми изгибом, и наблюдались большие различия в растрескивании, податливости и конечном состоянии бывших балок в соответствии с коррозией арматурного стержня, чем в случае изгибных балок. Рассеивание энергии поперечных балок также уменьшалось с увеличением потенциала полуэлемента, как и в случае изгибных балок. Уменьшение рассеивания энергии образца с максимальным абсолютным потенциалом полуэлемента было на 23,6% ниже, чем у контрольного луча.

4. Обнаружили относительно сильную корреляцию между коэффициентом ухудшения производительности и средней разностью потенциалов, а коэффициенты прекращения ( $R_2$ ) изгибных балок и поперечных балок составили 0,78 и 0,91 соответственно. Разность потенциалов, измеренная с использованием метода полуэлемента, может быть использована в качестве показателя относительной структурной деградации, если условия окружающей среды остаются постоянными. На основе взаимосвязи между коэффициентом ухудшения производительности и средней разностью потенциалов можно оценить способность поглощения энергии, рассчитанную на основе способности к деформации и деформации элементов ЖК, подверженных коррозии. Результат каждой способности поглощения энергии элементов, подверженных коррозии, может быть использован для прогнозирования сейсмической способности целых зданий ЖК.

### Литература

1. Разрушенные мосты: причины, самые масштабные трагедии // FB URL: <https://fb.ru/> (дата обращения: 12.03.2022).
2. Сотни европейских мостов находятся в аварийном состоянии // Эксперт URL: <https://expert.ru/> (дата обращения: 12.03.2022).
3. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартиформ, 2013. – 30 с.
4. ГОСТ 27006-86 Бетоны. Методы подбора составов. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.
5. Руководство по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона. – М., 2015. – 86 с.
6. Железобетонные и каменные конструкции: учебник / О.Г. Кумпяк, З.Р. Галяутдинов, О.Р. Пахмурин, В.С. Самсонов. – Томск: STT, 2013. – 748 с.
7. Дрокин С.В. Влияние дефектов на прочность и деформативность элементов перекрытий каркасных конструктивных систем: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.01. – Белгород, 2012. – 201 с.
8. Дронов А.В. Армирование, как фактор долговечности железобетонных конструкций Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014.
9. Дронов А.В. Особенности развития питтинговой коррозии стальной арматуры железобетонных изгибаемых элементов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – №3. – С. 32-36.
10. M.C.G. Juenger, R. Siddique Последние достижения в понимании роли дополнительных цементирующих материалов в бетоне, Cem. Совпадать. Резолюция 78 (2015) 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.03.018>.
11. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Свод Правил Республики Казахстан // СП РК 2.03-30-2017 / Строительство в сейсмических зонах // (с изменениями и дополнениями по состоянию на 21.10.2021 г.)
12. Рекомендации населению при землетрясении / Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан // Профилактика ЧС 01 сентября 2020.
13. Леонович С.Н. Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение / С.Н. Леонович, А.В. Прасол // Строительные материалы. – 2013. – № 5. – С. 94-95.
14. Меркулов С.И. Исследование работоспособности изгибаемых железобетонных конструкций / С.И. Меркулов, Е.Г. Пахомова, А.В. Гордеев, А.С. Маяков // Известия государственного университета. – 2009. – № 4. – С. 74-78.
15. ASTM E8/E8M-15, Стандартные методы испытаний металлических материалов на растяжение, ASTM International, Западный Коншохокен, Пенсильвания, США, 2015.

### References

1. Destroyed bridges: causes, the largest tragedies // FB URL: <https://fb.ru/> / (accessed 12.03.2022).
2. Hundreds of European bridges are in disrepair // Expert URL: <https://expert.ru/> / (date of reference: 12.03.2022).
3. GOST 10180-2012 Concrete. Methods for determining the strength of control samples. – М.: Standartinform, 2013. – 30 p.
4. GOST 27006-86 Concrete. Methods of composition selection. – М.: Standartinform, 2008. – 7 p.
5. Guidelines for the design of prestressed reinforced concrete structures made of heavy concrete. – М., 2015. – 86 p.

6. Reinforced concrete and stone structures: textbook / O.G. Kumpyak, Z.R. Galyautdinov, O.R. Pakhmurin, V.S. Samsonov. – Tomsk: STT, 2013. – 748 p.
7. Drokin S.V. The influence of defects on the strength and deformability of the elements of the ceilings of frame structural systems: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences: 05.23.01. – Belgorod, 2012. – 201 p.
8. Dronov A.V. Reinforcement as a factor of durability of reinforced concrete structures International Scientific and Technical Conference of Young scientists of V.G. Shukhov BSTU, 2014.
9. Dronov A.V. Features of the development of pitting corrosion of steel reinforcement of reinforced concrete bendable elements // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – 2017. – No.3. – pp. 32-36.
10. M.C.G. Juenger, R. Siddique Recent advances in understanding the role of additional cementing materials in concrete, Cem. Match. Resolution 78 (2015) 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.03.018>.
11. State standards in the field of architecture, urban planning and construction Code of Rules of the Republic of Kazakhstan // SP RK 2.03-30-2017 / Construction in seismic zones // (with amendments and additions as of 10/21/2021).
12. Recommendations to the population in case of an earthquake / Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan // Emergency Prevention 01 September 2020.
13. Leonovich S.N. Reinforced concrete in conditions of chloride corrosion: deformation and destruction / S.N. Leonovich, A.V. Prasol // Building Materials. – 2013. – No. 5. – pp. 94-95.
14. Merkulov S.I. Investigation of the operability of bent reinforced concrete structures / S.I. Merkulov, E.G. Pakhomova, A.V. Gordeev, A.S. Mayakov // Izvestiya gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – No. 4. – pp. 74-78.
15. ASTM E8/E8M-15, Standard Tensile Testing Methods for Metallic Materials, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2015.

**ИБРАГИМОВ О.А.** – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

**ҚҰРМАНОВА Ш.К.** – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Сәтбаев Университеті)

**ЛЕЩЕНКО А.** – магистр (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

## **ТЕМІРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ БЕРІКТІГІ МЕН КӨЛДЕНЕҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫ ТҮРҒЫСЫНАН СЕЙСМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРДЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

### *Аңдатпа*

*Коррозиядан зақымдалған элементтері бар темірбетон құрылымдарының сейсмикалық сипаттамаларын деформация қабілетіне, яғни энергияны тарату қабілетіне негізделген құрылымдық сипаттамалардың төмендеу коэффициентін қолдана отырып, сандық және тікелей бағалау керек. Бұл радиомен басқарылатын құрылымдардың сейсмикалық сипаттамаларын дәл бағалауға мүмкіндік береді.*

*Зерттеудің негізгі мақсаты-коррозиядан зақымдалған элементтері бар темірбетон құрылымдарының сейсмикалық сипаттамаларын бағалаудың практикалық әдістемесін ұсыну. Тот басқан элементтердің беріктік-деформациялық қабілетімен анықталатын құрылымдық сипаттамалардың нашарлау коэффициенті олардың сейсмикалық сипаттамаларын сандық және тікелей бағалау үшін қолданылады.*

**Түйінді сөздер:** *иілу кезіндегі беріктік, күшейтілген коррозия, қалдық беріктік.*

**IBRAGIMOV O.A.** – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**KURMANOVA Sh.K.** – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Satbayev University)

**LESHCHENKO A.** – master's degree (Almaty, Kazakh university ways of communications)

## **ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SEISMIC CHARACTERISTICS IN TERMS OF STRENGTH AND TRANSVERSE DEFORMABILITY OF ELEMENTS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

### ***Abstract***

*Seismic characteristics of reinforced concrete buildings with elements damaged by corrosion should be evaluated quantitatively and directly using a coefficient of reduction in structural characteristics based on the ability to deform, that is, the ability to dissipate energy. This will allow us to accurately assess the seismic characteristics of radio-controlled structures.*

*The main purpose of the study is to propose a practical methodology for assessing the seismic characteristics of reinforced concrete buildings with elements damaged by corrosion. The coefficient of deterioration of structural characteristics, determined by the strength-deformation ability of rusted elements, is used for quantitative and direct assessment of their seismic characteristics.*

**Keywords:** *flexural strength, enhanced corrosion, residual strength.*

УДК 621.391

**АСТАХОВ В.Н.** – к.т.н., профессор (Украина, г. Харьков, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта)

**ВОЛКОВ А.С.** – к.т.н., ст. преподаватель (Украина, г. Харьков, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ**

### ***Аннотация***

*В статье проведен анализ структуры и функциональных особенностей существующей телекоммуникационной сети железнодорожного транспорта Украины. Показано, что актуальной научно-практической задачей является организация интегральной сети связи железнодорожного транспорта Украины. Решение поставленной задачи тесно связано с подготовкой высококвалифицированного эксплуатационного штата структурных подразделений железнодорожного транспорта Украины. С этой целью на базе кафедры транспортной связи Украинской государственной академии железнодорожного транспорта введен в эксплуатацию учебно-тренировочный комплекс интегральной сети технологической связи.*

**Ключевые слова:** *технологическая связь, интегральная сеть, IP-сеть, структура сети, уровни сети.*

**Введение.** Железнодорожный транспорт является одной из важнейших базовых отраслей экономики Украины. Железные дороги совместно с другими видами транспорта должны своевременно и качественно осуществлять перевозки пассажиров и грузов, обеспечивать безопасность движения и развивать сферу транспортного обслуживания предприятий и населения. Для обеспечения эффективной работы железнодорожного транспорта необходима современная система управления технологическими процессами и сферами деятельности железнодорожного транспорта [1-3].

**Постановка проблемы в общем виде.** Реорганизация существующей системы управления в соответствии с Государственной целевой программой реформирования железнодорожного транспорта Украины связана с использованием новых телекоммуникационных и информационно-управляющих технологий. При этом интегральная сеть технологической связи является фундаментом системы информатизации железнодорожного транспорта и системы управления отраслью в целом [1, 2].

Интегральная сеть технологической связи железнодорожного транспорта является частью телекоммуникационных сетей общего пользования Украины и предназначена для обеспечения связью предприятий, организаций, структурных подразделений железнодорожного транспорта в соответствии с Правилами технической эксплуатации железных дорог Украины [2]. Характер деятельности железнодорожного транспорта предъявляет к интегральной сети технологической связи следующие специфические требования:

- обеспечение высокой надежности и живучести сети;
- оперативное устранение следствии отказов, возможность масштабирования и гибкой реконфигурации структуры сети;
- круглосуточный (непрерывный) режим работы сети;
- необходимость организации диспетчерской (распорядительной) связи и связи совещаний, контроль за качеством обслуживания пользователей и передачи информации, защита передаваемой информации от несанкционированного доступа, ограничения доступа пользователей к телекоммуникационным сетям общего пользования; удовлетворения запросов пользователей на предоставление новых услуг связи [4-8].

Существующая интегральная сеть технологической связи железнодорожного транспорта охватывает территорию всех железных дорог Украины и состоит из транспортной технологической сети и технологической сети доступа [2]. Особенностью данной сети является совместная работа аналогового и цифрового оборудования различных производителей, неравномерно распределенного между различными уровнями системы управления железнодорожным транспортом Украины. Структура транспортной технологической сети соответствует иерархии управления отраслью, то есть включает магистральный, дорожный, отделенческий уровни [2, 6, 7]. На магистральном и дорожном уровнях транспортная сеть построена на основе современного оборудования системы передачи синхронной цифровой иерархии SDH и волоконно-оптических линий связи [4, 8]. С целью обеспечения собственных технологических потребностей отрасли произошла замена большинства АТС на цифровые коммутационные системы, что позволило предоставлять широкий перечень услуг связи и проводить операторскую деятельность.

В настоящее время сети оперативно-технологической (ОТС) и общетехнологической (ОбТС) связи являются локальными, каждая из которых строилась по своим структурным и алгоритмическим принципам [2]. Их объединение было невозможным из-за того, что оборудование, которое применяется на этих сетях, было функционально различным. В сети ОбТС применяется коммутационное и абонентское оборудование, аналогичное оборудованию, применяемому в ведомственных телефонных сетях. В сети ОТС используется специализированное оборудование, которое учитывает требования и специальную структуру диспетчерского управления на железнодорожном транспорте Украины [2, 3, 7].

С появлением цифрового коммутационного оборудования с программным управлением и цифровыми абонентскими окончаниями появилась возможность организации интегральной сети, которая объединит сети ОТС и ОБТС. В такой сети для ОТС и ОБТС должно использоваться одно и тоже коммутационное и абонентское оборудование. На нескольких участках внедрены экспериментальные цифровые сети ОТС, основанные на технологии коммутации каналов (TDM) и на основе технологии сетей следующего поколения (NGN) и IP – телефонии [9, 10]. Их объединение с цифровыми сетями ОБТС является прототипом перспективной цифровой интегральной сети технологической связи Украинских железных дорог [6, 7, 11].

Сложившаяся исторически четырехуровневая структура управления на железнодорожном транспорте затрудняет и уменьшает оперативность процесса управления, поэтому в настоящее время ведется работа по совершенствованию данной структуры управления. В связи с этим необходимо изменить структуру сети технологической связи с учетом требований, сформулированных в программе реформирования железнодорожного транспорта Украины [2, 7]. Поэтому основная цель данной статьи – определение направлений и стратегий развития сетей технологической связи железнодорожного транспорта Украины.

**Основная часть исследований.** Основными тенденциями развития современной интегральной сети технологической связи являются: конвергенция телекоммуникационных и информационно-управляющих технологий; переход на IP-основу с обеспечением заданного качества обслуживания; переход проводных технологий до идеологии сетей связи следующего поколения NGN; интеллектуализация систем и оборудования, внедрение сотовых сетей третьего и четвертого поколений, распространение идеологии сетевых технологий на основе беспроводного доступа [4, 9].

С учетом специфики системы управления железнодорожным транспортом Украины, развитием информационно-управляющих систем и территориально-распределенной структуры интегральной сети технологической связи железнодорожного транспорта Украины можно сформулировать такие актуальные направления ее развития:

- создание единой мультисервисной (интегральной) телекоммуникационной сети технологической связи на основе идеологии сетевых технологий с обеспечением высокой надежности, гарантированного качества обслуживания и возможностью гибкого увеличения пропускной способности [9, 10];

- дальнейшее распределение сети технологической связи на транспортную сеть и сеть доступа с отказом от существующей четырехуровневой структуры, развитие магистральной технологической сети на основе технологий оптических транспортных сетей: мультиплексирования по длине волны WDM, синхронная цифровая иерархия нового поколения NGSDH и т.д., предоставление пользователям сети доступа широкого спектра основных и дополнительных услуг благодаря внедрению технологий абонентского доступа нового поколения (пассивные оптические сети PON/FTTx, технология цифровой абонентской линии xDSL, беспроводные технологии WiFi/WiMAX и др.) предоставления услуг для передачи информации, поступающей от систем промышленного телевиденья, систем контроля параметров подвижного состава, систем спутниковой радионавигации и др. [4, 8, 9];

- модернизация поездной, станционной и ремонтно-оперативной радиосвязи за счет использования цифровых систем транкинговой радиосвязи стандарта TETRA и специализированных систем сотовой связи GSM-R, а также цифровых систем радиорелейной связи, применение спутниковой связи для оперативного управления из вагонов начальника дороги; экстренной радиосвязи аварийно-восстановительных поездов и спецподразделений ведомственной службы; радиосвязи с труднодоступными пунктами, оборудованными автоматизированными системами управления, организации пассажирской радиосвязи [3, 6, 7];

- по применению современного сертифицированного телекоммуникационного оборудования, использующего стандартные интерфейсы для обеспечения единых правил коммутации и передачи информации между различными уровнями телекоммуникационной сети; централизация управления и технического обслуживания станционного и линейного оборудования, а также возможность его резервирования, согласно концепции сети управления телекоммуникации TMN, развитие систем информационной безопасности и электронного документооборота на основе криптографических методов защиты информации, электронной цифровой подписи и др.;

- предоставления телекоммуникационных услуг населению путем программного и аппаратного разделения систем технологической связи и связи общего пользования с приоритетом пользователей оперативных служб, решение данных задач и достижения поставленных целей требует комплекса научно-технических мероприятий и значительных инвестиций в сферу технологической связи на железнодорожном транспорте Украины.

Кроме того, важной проблемой при построении современной интегральной сети технологической связи железнодорожного транспорта Украины является низкий уровень технической поддержки со стороны производителей и поставщиков телекоммуникационного оборудования. Поэтому подготовка высококвалифицированных специалистов в области телекоммуникаций (технологической связи) на железнодорожном транспорте и постоянное повышение уровня их квалификации является приоритетным направлением совершенствования работы железнодорожного транспорта Украины. С этой целью, в Украинском государственном университете железнодорожного транспорта выполняются следующие мероприятия:

- постоянно повышается качество подготовки преподавателей кафедры на курсах, организованных представителями фирм-производителей современного телекоммуникационного оборудования – Watson, Iskra-tel, которое применяется на железнодорожном транспорте Украины;

- кафедра принимает участие в работе научно-производственного комплекса «Инфокоммуникации» совместно с представителями производства;

- на кафедре установлено оборудование базовой станции системы мобильной связи стандарта GSM вместе с радиорелейной системой передачи. Установленное оборудование находится в рабочем состоянии, что позволяет проводить лабораторные и практические занятия по дисциплинам «Радиотехнические системы железнодорожного транспорта», «Спутниковые и радиорелейные системы передачи»;

- с целью углубления практической подготовки студентов, уменьшение времени адаптации к производственным условиям железнодорожного транспорта на кафедре действуют два филиала кафедры на производстве: на базе цифровой автоматической телефонной станции АХЕ-10 Харьковской дистанции связи (ШЧ -2) ЮЖД и на базе учебного центра последипломного образования ОАО «Укртелеком», где проводятся выездные лабораторные и практические занятия по дисциплинам «Системы коммутации в электросвязи», «Автоматическая телефонная связь». В центре последипломного образования ОАО «Укртелеком» установлено оборудование, которое применяется на железнодорожном транспорте Украины: цифровая система коммутации SI2000;

- установлено программное обеспечение эмуляции узла управления цифровой системой коммутации SI2000, что позволяет отрабатывать процедуры инсталляции цифровой системы коммутации SI2000 индивидуально каждым студентом;

- организовано проведение производственной практики в общем украинско-словацком предприятии Iskra-tel, специализирующегося на разработке и выпуске цифровой системы коммутации SI2000, SI3000 и другого современного телекоммуникационного оборудования, применяемого на железнодорожном транспорте Украины;

- разработан проект учебной локальной сети кафедры с применением телекоммуникационного (сетевое) оборудования с поддержкой технологии IP-телефонии, который учитывает современные тенденции построения интегральных сетей связи железнодорожного транспорта Украины. Реализация разработанного проекта обеспечит проведения практических и лабораторных занятий по дисциплинам «Системы коммутации в электросвязи», «Телекоммуникационные и информационные сети», «Автоматическая телефонная связь», «Системы и сети передачи дискретных сообщений на железнодорожном транспорте», «Интегральные цифровые сети связи» и приобретения студентами умений, определенных программами учебных дисциплин, что позволит повысить качество подготовки специалистов по телекоммуникациям за счет более совершенного освоения современных телекоммуникационных технологий, применяемых на железнодорожном транспорте Украины.

**Выводы.** В результате работы выявлены основные тенденции развития интегральной сети связи железнодорожного транспорта Украины. К ним относятся: конвергенция телекоммуникационных и информационно-управляющих технологий; переход на IP-основу с обеспечением заданного качества обслуживания; переход проводных технологий до идеологии сетей связи следующего поколения NGN; интеллектуализация систем и оборудования, внедрение сотовых сетей новых поколений, распространение идеологии сетевых технологий беспроводного доступа. Для удовлетворения потребностей железных дорог Украины в высококвалифицированных специалистах, на кафедре транспортной связи Украинского государственного университета железнодорожного транспорта был запущен в эксплуатацию учебно-тренировочный комплекс сегмента интегральной сети железнодорожного транспорта на основе оборудования SI2000 украинско-словенского предприятия Iskra-tel.

### Литература

1. Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху для пасажирських поїздів на 2005-2015 роки. Затв. від 31 грудня 2004 р. №979-р: за станом на 27 березня 2007 р. [Текст]. / Офіційне видання. – К.: КМУ, 2007.
2. Концепція побудови та модернізації цифрової мережі зв'язку та передачі даних залізничного транспорту [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 1999. – 78 с.
3. Осминина С.В. Перспективы внедрения GSM-R [Текст] / С.В. Осминина // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – № 8. – С. 22-23.
4. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения [Текст] / Ю.В. Семенов. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.
5. Кучерявый А.Е. Пакетная сеть связи общего пользования [Текст] / А.Е. Кучерявый, Л.З. Гильченко, А.Ю. Иванов. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 255 с.
6. Корсаков А.В. Развитие инфраструктуры информатизации железнодорожного транспорта [Текст] / А.В. Корсаков // ВКСС. – 2004. – №6. – С. 83-86.
7. Лёвин В.А. Варианты развития телекоммуникационной сети ОАО «РЖД» [Текст] / В.А. Лёвин // ВКСС. – 2005. – №4. – С. 34-50.
8. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации [Текст] / И.Г. Бакланов; Под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
9. Гольдштейн Б.С. IP телефония [Текст] / Б.С. Гольдштейн. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
10. Гольдштейн Б.С. SOFTSWITCN [Текст] / Б.С. Гольдштейн, А.Б. Гольдштейн. – СПб.: БХВ – СПб, 2006. – 368 с.
11. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей [Текст] / С.Н. Степанов. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 392 с.

### References

1. The concept of the Power of the tsilovoi programs in the vprovadzhennya on the halls of the shvidkisny ruhu for pasazhirskih poizdiv for 2005-2015 rocks. Zatv. vid 31 grudnya 2004 p. No.979-r: behind the camp on 27 bereznya 2007 p. [Text]. / Oficijne vidannya. – K.: KМУ, 2007.
2. Conceptsija pobudovi ta modernizatsii digitalyly merezhi zv'yazku ta transmission danikh zaliznichnogo transport [Text]. – K.: Ukrzaliznytsia, 1999. – 78 p.
3. Osminina S.V. Prospects for the introduction of GSM-R [Text] / S.V. Osminina //Automation, communications, computer science. – 2007. – No. 8. – pp. 22-23.
4. Semenov Yu.V. Design of communication networks of the next generation [Text] / Yu.V. Semenov. – St. Petersburg: Science and Technology, 2005. – 240 p.
5. Kucheryavy A.E. Packet communication network of general use [Text] / A.E. Kucheryavy, L.Z. Gilchenok, A.Yu. Ivanov. – St. Petersburg: Science and Technology, 2004. – 255 p.
6. Korsakov A.V. Development of railway transport informatization infrastructure [Text] / A.V. Korsakov // VKSS. – 2004. – No. 6. – pp. 83-86.
7. Levin V.A. Options for the development of the telecommunications network of JSC “Russian Railways” [Text] / V.A. Levin // VKSS. – 2005. – No. 4. – pp. 34-50.
8. Baklanov I.G. NGN: principles of construction and organization [Text] / I.G. Baklanov; Edited by Yu.N. Chernyshov. – M.: Eco-Trends, 2008. – 400 p.
9. Goldstein B.S. IP telephony [Text] / B.S. Goldstein. – M.: Radio and Communications, 2001. – 336 p.
10. Goldstein B.S. SOFTSWITCH [Text] / B.S. Goldstein, A.B. Goldstein. – St. Petersburg: BHV – SPb, 2006 – 368 p.
11. Stepanov S.N. Fundamentals of teletraphy of multiservice networks [Text] / S.N. Stepanov. – M.: Eco-Trends, 2010. – 392 p.

**АСТАХОВ В.Н. – т.ғ.к., профессор (Украина, Харьков қ., Украина мемлекеттік теміржол көлігі университеті)**

**ВОЛКОВ А.С. – т.ғ.к., аға оқытушы (Украина, Харьков қ., Украина мемлекеттік теміржол көлігі университеті)**

### УКРАИНАНЫҢ ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІН ДАМУ ТУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

#### *Аңдатпа*

*Мақалада Украинаның теміржол көлігінің қолданыстағы телекоммуникациялық желісінің құрылымы мен функционалдық ерекшеліктері талданды. Өзекті ғылыми-практикалық міндет Украинаның теміржол көлігінің интегралды байланыс желісін ұйымдастыру болып табылады. Тапсырманы шешу Украинаның теміржол көлігінің құрылымдық бөлімшелерінің жоғары білікті пайдалану штатын дайындаумен тығыз байланысты. Осы мақсатта Украинаның мемлекеттік теміржол көлігі академиясының көлік байланысы кафедрасының базасында технологиялық байланыстың интегралды желісінің оқу-жаттығу кешені пайдалануға берілді.*

**Түйінді сөздер:** *технологиялық байланыс, интегралды желі, IP желісі, желі құрылымы, желі деңгейлері.*

**ASTAKHOV V.N. – c.t.s., professor (Ukraine, Kharkov, Ukrainian State University of Railway Transport)**

**VOLKOV A.S. – c.t.s., senior lecturer (Ukraine, Kharkov, Ukrainian State University of Railway Transport)**

## **PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL COMMUNICATION NETWORKS OF RAILWAY TRANSPORT IN UKRAINE**

### *Abstract*

*The article analyzes the structure and functional features of the existing telecommunication network of railway transport in Ukraine. It is shown that the actual scientific and practical task is the organization of an integrated communication network of railway transport in Ukraine. The solution of this task is closely connected with the training of highly qualified operational staff of structural divisions of railway transport of Ukraine. For this purpose, on the basis of the Department of Transport Communications of the Ukrainian State Academy of Railway Transport, the training complex of the integrated network of technological communication was put into operation.*

**Keywords:** *technological communication, integrated network, IP network, network structure, network levels.*

УДК 656.25(075)

**СУЛТАНГАЗИНОВ С.К. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

**КАЙРАНОВ М.Ж. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

**МАЙЛЫБАЕВ Е.М. – PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

## **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ**

### *Аннотация*

*В данной статье рассматриваются базовые элементы, состав и характеристики, функциональные узлы ЭВМ, основные параметры, классификация и принципы построения функциональных узлов ЭВМ.*

**Ключевые слова:** *алгебра логики, логическая функция, инверсия, конъюнкция, дизъюнкция, стрелка Пирса, штрих Шеффера, цифровой автомат, автомат Мили и Мура.*

**Логические основы ЭВМ.** Алгебра логики, разработана Дж. Булем и часто называется *булевой алгеброй*. Алгебра логики является теоретической базой для построения систем цифровой обработки информации. Вначале на основе законов алгебры логики разрабатывается логическое уравнение устройства, которое позволяет соединить логические элементы таким образом, чтобы схема выполняла заданную логическую функцию.

Логическая *формула* функции двух переменных записывается в виде:  $y = f(X_1, X_2)$ , где  $X_1, X_2$  – входные переменные. В таблице истинности отображаются все возможные

сочетания (комбинации) входных переменных и соответствующие им значения функции  $y$ , получающиеся в результате выполнения какой-либо логической операции. При одной переменной полный набор состоит из четырёх функций, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Полный набор функций одной переменной

X	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
0	1	0	1	0
1	0	1	1	0

Y<sub>1</sub> – инверсия, Y<sub>2</sub> – тождественная функция, Y<sub>3</sub> – абсолютно истинная функция, Y<sub>4</sub> – абсолютно ложная функция.

*Инверсия* является одной из основных логических функций, используемых в устройствах цифровой обработки информации.

При двух переменных полный набор состоит из 16 функций, однако в цифровых устройствах используются далеко не все. Основными логическими функциями двух переменных, используемыми в устройствах цифровой обработки информации являются: *дизъюнкция* (логическое сложение), *конъюнкция* (логическое умножение), *сумма по модулю 2* (неравнозначность), *стрелка Пирса* и *штрих Шеффера*. Условные обозначения логических операций, реализующих указанные выше логические функции одной и двух переменных, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Названия и обозначения логических операций

Название операции	Обозначение	
	Слово	Знак
Инверсия, отрицание, дополнение	НЕ (NOT)	$\bar{X}$ , $-X$
Дизъюнкция, логическое сложение	ИЛИ (OR)	$X_1 \vee X_0$ , $X_1 + X_0$
Конъюнкция, логическое умножение	И (AND)	$X_1 \wedge X_0$ , $X_1 \& X_0$ , $X_1 \cdot X_0$
Неравнозначность, сумма по модулю 2	Исключающее ИЛИ	$X_1 \oplus X_0$
Стрелка Пирса	ИЛИ-НЕ	$\overline{X_1 \vee X_0}$ , $\overline{X_1 + X_0}$
Штрих Шеффера	И-НЕ	$\overline{X_1 \cdot X_0}$ , $\overline{X_1 \& X_0}$

**Законы и тождества алгебры логики.** Математический аппарат алгебры логики позволяет преобразовать логическое выражение, заменив его равносильным с целью упрощения, сокращения числа элементов или замены элементной базы.

Законы:

1. Переместительный:  $X \vee Y = Y \vee X$ ;  $X \cdot Y = Y \cdot X$ .
2. Сочетательный:  $X \vee Y \vee Z = (X \vee Y) \vee Z = X \vee (Y \vee Z)$ ;  $X \cdot Y \cdot Z = (X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot (Y \cdot Z)$ .
3. Идемпотентности:  $X \vee X = X$ ;  $X \cdot X = X$ .
4. Распределительный:  $(X \vee Y) \cdot Z = X \cdot Z \vee Y \cdot Z$ .

5. Двойное отрицание:  $\overline{\overline{X}} = X$ .

6. Закон двойственности (Правило де Моргана):  $\overline{\overline{X} \vee \overline{Y}} = \overline{\overline{X}} \cdot \overline{\overline{Y}}$ .

Для преобразования структурных формул применяется ряд тождеств:

$X \vee X \cdot Y = X$ ;  $X(X \vee Y) = X$  – Правила поглощения.

$X \cdot Y \vee X \cdot \overline{Y} = X$ ,  $(X \vee Y) \cdot (X \vee \overline{Y}) = X$  – Правила склеивания.

### Правила старшинства логических операций.

1. Отрицание – логическое действие первой степени.

2. Конъюнкция – логическое действие второй степени.

3. Дизъюнкция – логическое действие третьей степени.

Если в логическом выражении встречаются действия различных степеней, то сначала выполняются первой степени, затем второй и только после этого третьей степени. Всякое отклонение от этого порядка должно быть обозначено скобками.

*Цифровой автомат* – устройство, характеризующееся набором внутренних состояний, в которое оно попадет под воздействием команд заложенной в него программы. Переход автомата из одного состояния в другое осуществляется в определенный момент времени.

Математической моделью ЦА (а в общем случае любого дискретного устройства) является так называемый абстрактный автомат, определенный как б-компонентный кортеж:

$$S=(A, Z, W, \delta, \lambda, a_1) \quad (1)$$

у которого:

1. множество состояний (внутренний алфавит):

$$A=\{a_1, a_2, \dots, a_m\} \quad (2)$$

2. множество входных сигналов (входной алфавит):

$$Z=\{z_1, z_2, \dots, z_f\} \quad (3)$$

3. множество выходных сигналов (выходной алфавит):

$$W=\{w_1, w_2, \dots, w_g\} \quad (4)$$

4. функция переходов, реализующая отображение  $D_\delta \subseteq A \cdot Z$  в  $A$ :

$$\delta : A \cdot Z \rightarrow A \quad (5)$$

Иными словами, функция  $\delta$  некоторым парам состояние – входной сигнал ( $a_m, z_f$ ) ставит в соответствие состояния автомата.

5. функция выходов, реализующая отображение  $D_\lambda \subseteq A \cdot Z$  на  $W$ :

$$\lambda : A \cdot Z \rightarrow W \quad (6)$$

Функция  $\lambda$  некоторым парам состояние – входной сигнал ( $a_m, z_f$ ) ставит в соответствие выходные сигналы автомата.

б. начальное состояние автомата:

$$a_i \in A \quad (7)$$

Под *алфавитом* здесь понимается непустое множество попарно различных символов. *Элементы алфавита* называются *буквами*, а *конечная упорядоченная последовательность букв – словом* в данном алфавите.

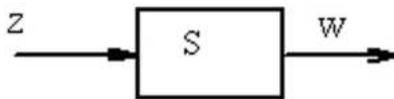


Рисунок 1 – Абстрактный автомат

Абстрактный автомат (рисунок 1) имеет один вход и один выход. Автомат работает в дискретном времени, принимающем целые неотрицательные значения  $t = 0, 1, 2, \dots$ . В каждый момент  $t$  дискретного времени автомат находится в некотором состоянии  $a(t)$  из множества состояний автомата, причем в начальный момент  $t = 0$  он всегда находится в начальном состоянии  $a(0) = a_1$ . В момент  $t$ , будучи в состоянии  $a(t)$ , автомат способен воспринять на входе букву входного алфавита  $z(t) \in Z$ . В соответствии с функцией выходов он выдаст в тот же момент времени  $t$  букву выходного алфавита  $w(t) = \lambda(a(t), z(t))$ , и в соответствии с функцией переходов перейдет в следующее состояние:

$$a(t+1) = \delta[a(t), z(t)], a(t) \in A, w(t) \in W \quad (8)$$

Смысл понятия абстрактного автомата состоит в том, что он реализует некоторое отображение множества слов входного алфавита  $Z$  во множество слов выходного алфавита  $W$ , то есть если на вход автомата, установленного в начальное состояние  $a_1$ , подавать буква за буквой некоторую последовательность букв входного алфавита  $z(0), z(1), \dots$  – входное слово, то на выходе автомата будут последовательно появляться буквы выходного алфавита  $w(0), w(1), \dots$  – выходное слово. Таким образом, выходное слово =  $\varphi$  (входное слово), где  $\varphi$  – отображение, осуществляемое абстрактным автоматом.

На уровне абстрактной теории, понятие «работа автомата» понимается как преобразование входных слов в выходные. Можно сказать, что в абстрактном автомате отвлекаемся от его структуры – содержимого прямоугольника, рассматривая его как «черный ящик», то есть основное внимание уделяем поведению автомата относительно внешней среды.

На практике наибольшее распространение получили два класса автоматов – автоматы Мили (Mealy) и Мура (Moore).

Закон функционирования автомата Мили задается уравнениями:

$$a(t+1) = \delta(a(t), z(t)), w(t) = \lambda(a(t), z(t)), t = 0, 1, 2, \dots \quad (9)$$

Закон функционирования автомата Мура задается уравнениями:

$$a(t+1) = \delta(a(t), z(t)), w(t) = \lambda(a(t)), t = 0, 1, 2, \dots \quad (10)$$

Из сравнения законов функционирования видно, что, в отличие от автомата Мили, выходной сигнал в автомате Мура зависит только от текущего состояния автомата и в явном виде не зависит от входного сигнала. Для полного задания автомата Мили или Мура

дополнительно к законам функционирования, необходимо указать начальное состояние и определить внутренний, входной и выходной алфавиты.

Рассмотренные выше абстрактные автоматы можно разделить на: *полностью определенные* и *частичные*; *детерминированные* и *вероятностные*; *синхронные* и *асинхронные*.

Вслед за этапом абстрактного синтеза автоматов следует этап структурного синтеза, целью которого является построение схемы, реализующей автомат из элементов заданного типа. Если абстрактный автомат был лишь математической моделью, проектируемого устройства, то в структурном автомате учитывается структура входных и выходных сигналов автомата, а также его внутреннее устройство на уровне логических схем. Основной задачей структурной теории автоматов является разработка общих методов построения структурных схем автоматов. В отличие от абстрактного автомата, имеющего один вход и один выход, на которые поступают сигналы во входном и выходят в выходном  $W=\{W_1, \dots, W_G\}$  алфавитах, структурный автомат имеет  $L$  входных каналов  $x_1, x_2, \dots, x_L$  и  $N$  выходных  $y_1, y_2, \dots, y_N$  на каждом из которых присутствует сигнал структурного алфавита.

Обычно в качестве структурного используется двоичный алфавит.

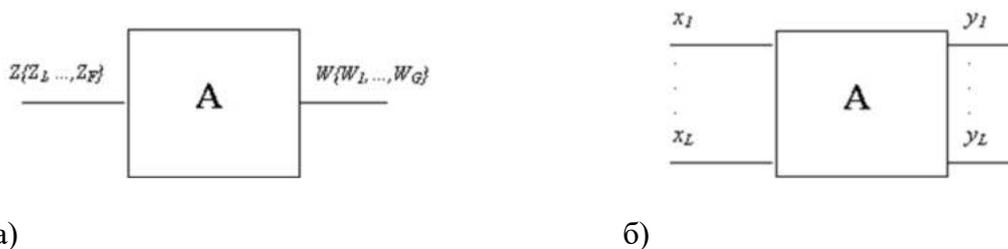


Рисунок 2 – Абстрактный (а) и структурный (б) автоматы

*Синтез автомата Мили.* На этапе получения граф-схемы алгоритма (ГСА) входы вершин, следующих за операторными, отмечают символами  $a_1, a_2, \dots$  по следующим правилам:

- 1) символом  $a_1$  отмечают вход вершины, следующей за начальной, а также вход конечной вершины;
- 2) входы всех вершин, следующих за операторными, должны быть отмечены;
- 3) входы различных вершин, за исключением конечной, отмечаются различными символами;
- 4) если вход вершины отмечается, то только одним символом.

Отмечаем на графе все указанные пути для всех состояний в виде дуг, которым приписываем условия перехода и выходной сигнал, вырабатываемый на этом переходе. Получим граф автомата (рисунок 3).

*Синтез автомата Мура.* Для автомата Мура на этапе получения отмеченной ГСА разметка производится согласно следующим правилам:

- 1) символом  $a_1$  отмечается начальная и конечная вершины;
- 2) различные операторные вершины отмечаются различными символами;
- 3) все операторные вершины должны быть отмечены.

Граф автомата Мура, соответствующий отмеченной ГСА, представлен на рисунке 4. Построение его аналогично построению графа для автомата Мили.

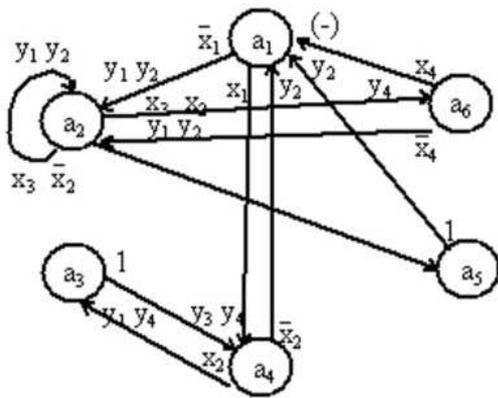


Рисунок 3 – Граф автомата Мили

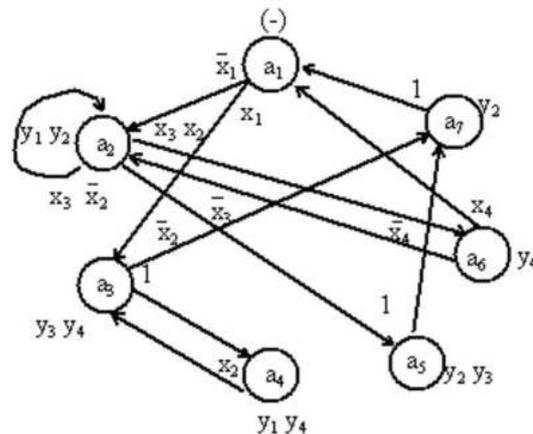


Рисунок 4 – Граф автомата Мура

ЭВМ может быть представлена как совокупность узлов, а каждый узел – как совокупность элементов.

*Элемент* – это наименьшая функциональная часть, на которую может быть разбита ЭВМ при логическом проектировании и технической реализации.

*По функциональному назначению элементы ЭВМ могут быть разделены на:*

- логические (реализующие одну из функций алгебры логики);
- запоминающие (для хранения одноразрядного двоичного числа);
- вспомогательные (для формирования и генерации импульсов, таймеры, элементы индикаторов, преобразователи уровней и т.п.).

*По типу сигналов:*

- аналоговые;
- цифровые.

*По способу представления входных и выходных сигналов:*

- потенциальные;
- импульсные;
- импульсно-потенциальные.

*Узел* – совокупность элементов, которая реализует выполнение одной из машинных операций.

*Различают два типа узлов ЭВМ:*

- комбинационные;
- накапливающие (с памятью).

В свою очередь *комбинационные узлы* включают сумматоры, схемы сравнения, шифраторы, дешифраторы, мультипликаторы, программируемые логические матрицы и т.д.

*Накапливающие узлы* – триггеры, регистры, счётчики и т.п.

В цифровых устройствах переменные и соответствующие им сигналы изменяются не непрерывно, а лишь в дискретные моменты времени. Временной интервал между соседними моментами времени называется *тактом*.

Информация в элементах ЭВМ может обрабатываться в последовательном или параллельном коде. При последовательном коде каждый временной такт предназначен для обработки одного разряда слова. При этом все разряды слова фиксируются по очереди одним и тем же элементом.

При параллельной обработке информации код слова развертывается не во времени, а в пространстве, так как значения всех разрядов обрабатываются одновременно за один такт.

ЭВМ 3-го поколения строились на основе базовых *логических элементов* (ЛЭ). Например, И-НЕ или ИЛИ-НЕ. Важнейшими характеристиками любого базового логического элемента является *быстродействие* и *потребляемая мощность*.

ЛЭ объединяются в группы (серии) интегральных микросхем, например, серии К155, К500, К176 и др. Для всех ЛЭ повышение быстродействия сопровождается ростом энергопотребления, а повышение плотности размещения элементов на кристалле – снижением быстродействия.

**Узлы комбинированного типа.**

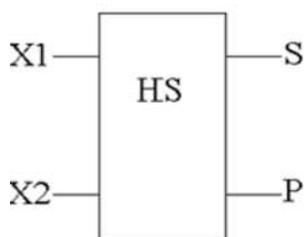
*Сумматор.* Для понимания принципов построения и функционирования сумматора рассмотрим пример сложения двоичных чисел:

перенос	p	1←1 <sub>1</sub>
1 слагаемое	x1	0 1 1
2 слагаемое	x2	0 0 1
сумма		1 0 0

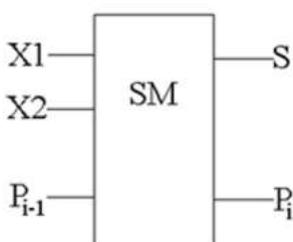
В каждом *i* разряде одноразрядный сумматор должен формировать сумму *S<sub>i</sub>* и перенос в старший разряд.

Различают полусумматор **HS** (не учитывает сигнал переноса) и полный сумматор **SM** (учитывает сигнал переноса).

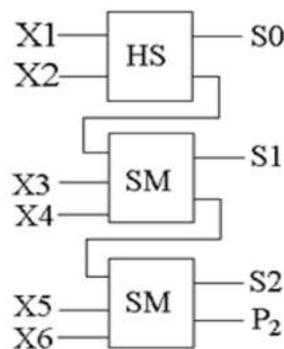
**Полусумматор**



**Полный сумматор**



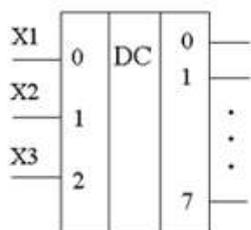
**Многоразрядный сумматор**



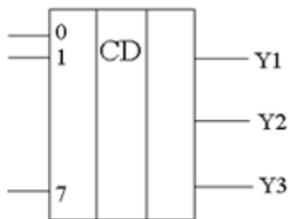
*X<sub>i</sub>* – входы, *S<sub>i</sub>* – выходы *P<sub>i</sub>* – перенос

*Кодпреобразователь* – это комбинационное устройство (КУ), имеющее *m* входов и *n* выходов и преобразующее входные *m*-разрядные двоичные числа в выходные *n*-разрядные. Чаще всего используются 2 вида – шифраторы и дешифраторы.

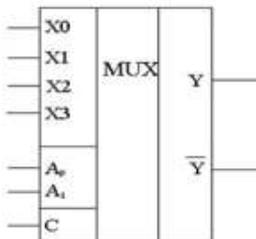
$$n = 2^m$$



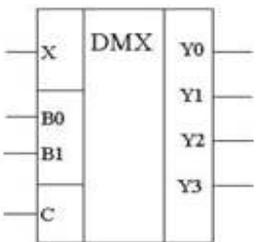
*Дешифратор* (DC) – это комбинационное устройство (КУ) с *m*-входами и выходами, формирующие "1" только на одном из выходов, десятичный номер которого соответствует входной десятичной комбинации. Работа ДШ задается таблицей истинности.



*Шифратор (CD)* – решает обратную приведенной раньше задаче.

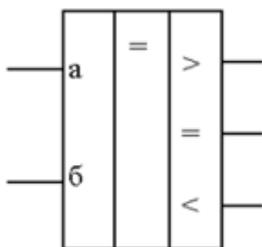


*Мультиплексор (MUX)* – это комбинационное устройство (КУ), которое осуществляет коммутацию одного из своих входов  $X$  на единственный выход  $Y$ . Подключение входа к выходу, как правило, осуществляется в момент подачи на синхронизирующий вход с тактового импульса, а номер подключаемого к выходу входа определяется адресным кодом, подающимся на адресные входы мультиплексора  $A$ .



*Демультимплексор (DMX)* решает обратную задачу.

*Коммутатор* – это комбинационное устройство (КУ) с  $m$  входами и  $n$  выходами, которое по заданным адресам  $A$  входа и  $B$  выхода соединяет между собой требуемые вход и выход.



*Программируемая логическая матрица* – универсальная комбинационная схема для преобразования входного  $n$ -разрядного двоичного кода в выходной  $m$ -разрядный код по заданной таблице истинности. Широко используются в устройствах управления микропроцессоров. *Схемы сравнения* – необходимы для организации ветвящихся процессов обработки данных.

**Узлы накапливающего типа.** В качестве запоминающих элементов ЭВМ используются триггеры или устройства на основе магнитных материалов.

*Триггер* – это конечный автомат, который обладает двумя устойчивыми состояниями и под воздействием управляющего сигнала переходит из одного состояния в другое.

По функциональному назначению различают RS, T, JK, D - триггеры, комбинированные RST-триггеры, JKRS, DRS-триггеры и т.п. При этом применяются обозначения S, R – входы для раздельной установки триггера в состояние "1"(S) и "0"(R).

T – счетный вход триггера.

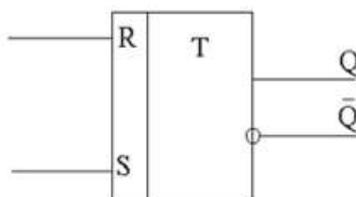
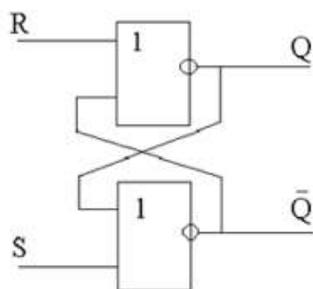
J, k – входы для раздельной установки Jk триггера в состояние "1" (J) и "0" (k).

D – вход для установки триггера в состояние "1" или "0" с временной задержкой относительно момента появления информационного сигнала.

C – вход синхронизации.

Состояние триггера определяется сигналом Q на его прямом выходе. Законы функционирования триггеров задаются таблицами переходов с компактной записью, при которой в столбце состояний может быть указано, что новое состояние совпадает с предыдущим либо является его отрицанием.

Рассмотрим RS-триггер. Асинхронный (не синхронизируемый) RS-триггер на интегральных элементах ИЛИ - НЕ приведен на рисунке:



R	S	Q	
0	0	0	Хранение
0	1	1	Устан.1
1	0	0	Устан.0
1	1	–	Запрещение

Таблица переходов RS - триггера:

Триггер образуется из 2-х элементов ИЛИ - НЕ, соединенных таким образом, что возникают положительные обратные связи, благодаря которым в устойчивом состоянии выходной транзистор одной из схем ИЛИ - НЕ закрыт, а другой открыт.

Функционирование RS-триггера может быть описано выражением:

$$Q(t+1) = s(t) \vee Q(t)\bar{R}(t),$$

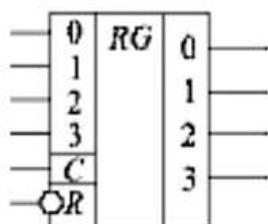
$$s(t)R(t) = 0$$

Качество работы триггеров оценивается основными показателями – такими, как быстродействие, нагрузочная способность, потребляемая мощность, помехоустойчивость.

Дополняя RS-триггер входной комбинационной схемой, можно построить любой вид триггера. Чтобы иметь возможность синхронизировать работу узлов и устройств ЭВМ, используют синхронные триггеры, имеющие специальный вход для синхроимпульсов. Если момент срабатывания асинхронного триггера привязан к моменту изменения уровня входных сигналов, то для синхронного – к моменту поступления синхроимпульсов.

Двухступенчатые триггеры позволяют избежать сбоев при записи или считывании информации в одном такте: первая ступень осуществляет запись по переднему фронту тактового импульса, а вторая – выдачу (перезапись во вторую ступень) по заднему фронту.

T-триггер изменяет свое состояние при приходе каждого импульса, то есть он их считает. Используется для построения счётчиков.



*Регистры.* Предназначены для записи, хранения и преобразования в них двоичных чисел. В качестве элементарной ячейки регистра используется триггер, который может хранить одноразрядное двоичное число. Запись и считывание информации в регистр может производиться последовательно (поразрядно) или параллельно (всеми разрядами одновременно).

В соответствии с этим различают регистры последовательные, параллельные, последовательно-параллельные, параллельно-последовательные и универсальные.

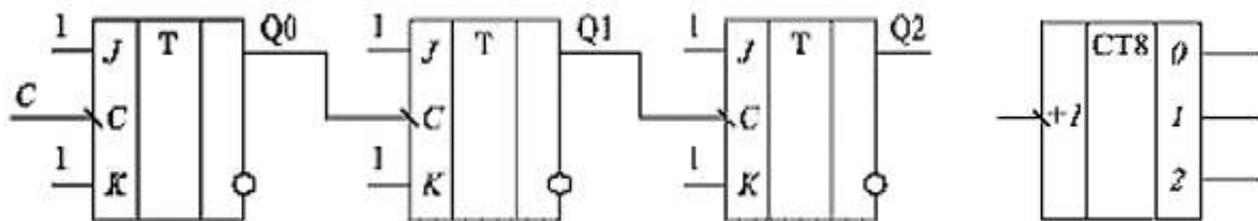
Условно-графическое обозначение четырехразрядного регистра хранения с асинхронным входом установки в "0".

*Регистр сдвига* – регистр, обеспечивающий помимо хранения информации, сдвиг влево или вправо всех разрядов одновременно на одинаковое число позиций.

*Счётчик*. Функциональный узел, предназначенный для подсчета числа получивших на его вход сигналов (импульсов) и фиксации результата в виде многоразрядного двоичного числа.

Счётчики подразделяются на суммирующие, вычитающие и реверсивные.

Пример асинхронного трехразрядного двоичного суммирующего счетчика приведен и его условно-графическое обозначение:



Все современные вычислительные машины строятся на комплексах (системах) интегральных микросхем (ИС). Основу набора обычно составляют большие интегральные схемы (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС).

Функционально микросхемы могут соответствовать устройству, узлу или блоку, но каждая из них состоит из комбинации простейших логических элементов, реализующих функции формирования, преобразования, запоминания сигналов и т.д.

### Литература

1. Вычислительные сети и телекоммуникации. Учебно-методический комплекс. – Алматы, 2015.
2. Архитектура компьютерных систем. Учебно-методический комплекс. – Алматы, 2015.
3. Кардашев Г.А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. – М., 2015.
4. Сенкевич А.В. Архитектура ЭВМ и вычислительные системы: учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 240 с.
5. Организация ЭВМ. 5-е изд. / К. Хамахер, З. Вранешич, С. Заки. – СПб.: Питер, 2003. – 848 с.
6. Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение: учебник для студ. вузов. – СПб.: Питер, 2006. – 395 с.
7. Мюллер С. Модернизация и ремонт ПК. 17-е изд. – М.: Вильямс, 2008. – 1489 с.
8. Султангазинов С.К., Шагиахметов Д.Р., Турсымбекова З.Ж., Чукунова Э.С. Басқару жүйесіндегі микропроцессорлық кешендер. Оқу құралы. – Алматы: «Darkhan», 2020. – 113 б.

### References

1. Computer networks and telecommunications. Educational and methodical complex. – Almaty, 2015.
2. Architecture of computer systems. Educational and methodical complex. – Almaty, 2015.

3. Kardashev G.A. Virtual electronics. Computer modeling of analog devices. – M., 2015.
4. Senkevich A.V. Computer architecture and computing systems: textbook. – M.: Publishing Center "Academy", 2014. – 240 p.
5. Computer organization. 5th ed. / K. Hamacher, Z. Vraneshich, S. Zaki. – St. Petersburg: Peter, 2003. – 848 p.
6. Molchanov A.Yu. System software: textbook for students. universities. – St. Petersburg: Peter, 2006. – 395 p.
7. Muller S. Modernization and repair of PCs. 17th ed. – M.: Williams, 2008. – 1489 p.
8. Sultangazinov S.K., Shagiakhmetov D.R., Tursymbekova Z.Zh., Chukenova E.S. Baskaru zhuyesindegi microprocessor keshender. Oku kuraly. – Almaty: "Darkhan", 2020. – 113 p.

**СҮЛТАНҒАЗИНОВ С.К. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

**ҚАЙРАНОВ М.Ж. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

**МАЙЛЫБАЕВ Е.М. – PhD (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

## **ЛОГИКАЛЫҚ ЖОБАЛАУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ САНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР**

### *Аңдатпа*

*Бұл мақалада компьютердің негізгі элементтері, құрамы мен сипаттамалары, функционалды түйіндері, негізгі параметрлері, жіктелуі және компьютердің функционалды түйіндерін құру принциптері қарастырылады.*

***Түйін сөздер:** логикалық алгебра, логикалық функция, инверсия, конъюнкция, дизъюнкция, Пирс көрсеткі, Шеффер штрихы, сандық автомат, мильдік автомат және Мур.*

**SULTANGAZINOV S.K. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**KAIRANOV M.Zh. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**MAILYBAEV E.M. – PhD (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

## **FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF LOGICAL DESIGN DIGITAL DEVICES**

### *Abstract*

*This article discusses the basic elements, composition and characteristics, functional computer nodes, basic parameters, classification and principles of construction of functional computer nodes.*

***Keywords:** algebra of logic, logical function, inversion, conjunction, disjunction, Pierce arrow, Schaeffer stroke, digital automaton, Mile and Moore automaton.*

УДК 574.9

**МИХАЙЛОВ П.Г.** – д.т.н., профессор (Российская Федерация, г. Пенза, Пензенский государственный университет)

**ЖУБАНДЫКОВА Ж.У.** – к.т.н., доцент (г. Актобе, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова)

**ТУКИБАЙ А.А.** – PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

### *Аннотация*

*Приводятся результаты многолетних исследований. Совместно с сотрудниками лаборатории глубинного геологического строения и динамики литосферы была построена цифровая модель рельефа земли.*

**Ключевые слова:** *экология, геоэкология, геология, атмосфера, биосфера, ионосфера, цифровое моделирование, экосистема.*

В исследованиях профессора Кутинова Ю.Г. [1-2] отмечается, что к настоящему времени сформировано и продолжает активно развиваться новое фундаментальное направление в науках о Земле – геоэкология, самостоятельное по объекту изучения, задачам и методам, что накладывает определенные требования к проводимым исследованиям. В подавляющем большинстве публикаций термины «экология», «геоэкология» и «экологическая геология» в геоэкологических исследованиях связывают с экзогенными геологическими процессами, с гидрогеологическими и инженерно-геологическими объектами. При этом подразумевается, что человечество, имея дело с геологической средой, в основном взаимодействует с самыми верхними частями разреза, которые испытывают максимальную антропогенную нагрузку, и с которыми, как считается, связаны наиболее распространенные опасные природные процессы.

Анализируя методы и подходы геологии и геоэкологии, следует отметить, что геологические науки направлены на разработку методов реконструкции событий, в то время, как в геоэкологии необходимо осуществлять прогноз будущих событий (таблица 1), в этом их принципиальная разница (Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. «Системные свойства геологической среды. Структура временных потоков и критические рубежи в эволюции геосистем» Ч. 1, Ч.2.). Развитие экологии в целом и, геоэкологии в частности, привело к необходимости районирования крупных территорий, чем и объясняется возникновение большого количества карт, претендующих на полноту отражения экологического состояния окружающей природной среды. В реалии эти карты являются, как правило, монофакторными и отражают либо характеристику отдельных компонентов среды (системы), либо один из процессов, протекающий в ней [2-4].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов и подходов в геологии и геоэкологии, по Кутинову Ю.Г.

Геология	Геоэкология
Подход	
Сферный	Сферный или экосистемный (пока не сформулирован)
Постулат	

Непрерывность слоя	Не сформулирован. Возможно, межгеосферное взаимодействие
События (прогноз)	
В основном произошедшие	Настоящие и прогноз будущего состояния (поливариантность развития)
Структура отрасли знания	
Структурирована (преобладает анализ)	Не структурирована (преобладает синтез)
Объект исследований	
В основном вещество (реконструкция процессов через вещественный состав)	Процессы – реконструкция и прогноз изменения вещественного состава и свойств окружающей среды через процессы
Взаимодействие сфер и процессов	
Рост количества подводимой энергии (сходство организации энергетики и временных параметров)	Взаимодействие разноорганизованных систем: геологическая среда – биосфера – атмосфера – частично ионосфера – человек
Периодичность исследований	
В основном разовые анализы измерения	Мониторинг с определенной периодичностью
Математические методы	
В основном статистика	Теория бифуркаций катастроф, нелинейные функции, цифровое моделирование

Комплексных исследований, посвященных геоэкологической оценке надпорядковых таксонов Земли, в мировой практике крайне недостаточно. Обычно оценка проводится для отдельных компонентов окружающей среды (например, лесных экосистем – ИКИ РАН, сейсмического районирования – ОСР-97, природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций – МЧС РФ, карт пожарной опасности – Росгидромет, МЧС и ИКИ РАН и др.), отдельных регионов и отдельных объектов. Работы имеют разрозненный характер, отсутствует научно-методологическая и концептуальная основы геоэкологического районирования крупных, особенно северных территорий. Поэтому необходимо проведение системного анализа имеющихся данных, приведение их к единой основе, создание и внедрение новых программных продуктов.

Суть комплексного подхода к изучению, оценке состояния природной среды, а также к принятию решений, связанных с проблемами природопользования и сохранения природных ресурсов, состоит в том, чтобы каждая частная задача решалась с учетом органически связанных с нею дисциплин, с учетом возможных прямых и обратных связей. Это, несомненно, повысит полноту решения прямой задачи и обозначит ее «побочные» эффекты.

При рациональном недропользовании необходимо учитывать природные и экономические условия и свойства территории, на которой производится хозяйственная деятельность. Осуществление хозяйственной деятельности в северных регионах РФ

сталкивается с определенными трудностями из-за отсутствия актуальной и объективной геопроостранственной информации об опасных природных явлениях и процессах, а также о вероятности их развития (Абросимов А.В., Сизов О.С. «Геопроостранственное дистанционное обеспечение предотвращения рисков, связанных с термоэрозией, в условиях Крайнего Севера», 2013 [5]). Экстенсивный характер лесопользования и низкая скорость лесовозобновления приводят к быстрому сокращению лесных площадей (Исаченко А.Г. «Экологическая география Северо-Запада России», 1995 [6]). Существенное влияние на северные экосистемы оказывает разведка и разработка месторождений полезных ископаемых (Миняев А.П., Юдахин Ф.Н. «Экологические проблемы Архангельской области», 1996 [7]). Например, на территории Архангельской области открыты и в настоящее время разрабатываются месторождения алмазов (месторождения им. М.В. Ломоносова и В. Гриба), бокситов (Северо-Онежский бокситовый район), углеводородов и т.д. Объемы добычи сырья, потребляемой продукции и сопутствующих отходов, определяют главные изменения естественного баланса массы и энергии в природной среде. Определенное влияние на северные экосистемы оказывают урбанизация и развитие транспортной сети. Интенсивное хозяйственное освоение северных территорий часто приводит к активизации природных процессов или развитию новых опасных явлений, которые ранее здесь отсутствовали (Опасные экзогенные процессы, 1999). В связи с этим весьма важной представляется разработка и реализация экологически сбалансированного подхода к освоению ресурсов геологической среды, поскольку оно будет сопровождаться нарастающей техногенной нагрузкой на окружающую природную среду (Губайдуллин, 2002).

Геоэкологические исследования направлены на изучение и решение вопросов сохранения необходимой для нормальной и продуктивной жизнедеятельности геологической среды, при максимальном и эффективном использовании ее ресурсов для нужд человечества (Проблемы рационального..., 1988; Козловский, 1989; Кузнецов и др., 1991; Сычев, 1991; Бгатов, 1993; Голодковская, Куринов, 1994; Трофимов и др., 1994; Гарецкий, Каратаев, 1995; Красилова, 1997; Богословский, Жигалин, 1998; Соломкина, 2001; Губайдуллин, 2002; Моисеев, 2007; Осипов, 2017 и др.; Кутинов и др., 2019а; Кутинов и др., 2020).

Общей целью геоэкологических исследований является оценка экологического состояния геологической среды. К основным задачам относятся:

- предварительная оценка экологического состояния и районирование исследуемой территории;
- выделение районов с природным повышенным фоновым содержанием токсичных элементов;
- выявление техногенных факторов, воздействующих на геологическую среду, и оценка характера их влияния;
- изучение, оценка и прогноз техногенных изменений;
- обоснование мероприятий по рациональному использованию недр и размещению стационарной сети по наблюдению и контролю;
- выделение территорий для более детальных исследований;
- детальное изучение конкретных объектов.

Теоретические и методологические основы, определяющие роль и значение литосферы в жизнеобеспечении биоты, разработаны на рубеже XX-XI столетий в фундаментальных исследованиях Е.М. Сергеева – по геологической среде, В.И. Осипова – по геоэкологии, В.Т. Трофимова – в сфере экологических ресурсных функций геологической среды.

В методологическом аспекте эта категория может рассматриваться с двух сторон.

Первая базируется на том, что геологическая среда – это сложный объект природы, объективно существующий независимо от человека и его деятельности (Трофимов и др., 1994). Геологическая среда состоит из отдельных элементов – рельефа, горных пород, подземных вод, многолетней мерзлоты, а также природных процессов и т.д.

Ломтадзе В.Д. в работе «Инженерная геология. Инженерная геодинамика» [8] следующим образом определяет этот термин: «Каждая территория на Земле с ее рельефом, процессами и явлениями представляет собой геологическую среду жизни и деятельности человека. Геологическая среда – это окружающие нас геологические условия. Геологическая среда возникает и меняется во взаимодействии с атмосферой, гидросферой, биосферой и внутренними сферами Земли». Здесь интересным представляется то, что геологическая среда привязывается к определенной территории, и то, что она взаимодействует с внешними природными силами, постоянно изменяя свое термодинамическое состояние.

Второй взгляд заключается в том, что под геологической рассматривается среда взаимосвязанная с каким-то конкретным объектом. Это может быть любой искусственный инженерный объект или объект живой природы. «Геологическая среда – это комплекс геоморфологических, геофизических и геохимических условий, в которых существует организм (в том числе человек и его хозяйство)». В данном случае под геологической средой понимается верхняя часть литосферы, включающая горные породы, почвы, флюиды, подвергающиеся воздействию человека. Такое определение с одной стороны искусственно сужает границы геологической среды до глубины освоения литосферы человеком, а с другой расширяет, дополняя категорию новыми элементами – результатами жизнедеятельности человека, например, сточные воды, отвалы горных предприятий и т.п.

Наиболее известным считается определение данного понятия у Сергеева Е.М.: «геологической средой называют верхнюю часть литосферы, рассматриваемую как многокомпонентную систему, находящуюся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, в результате чего происходит изменение природных геологических процессов и возникновение новых антропогенных явлений, что, в свою очередь, вызывает изменение инженерно-геологических условий строительства объектов на определенной территории. Основные элементы геологической среды – горные породы, подземные воды, формы рельефа, геологические процессы и явления и их инженерно-геологические аналоги». В данном случае термин связывается с техногенной деятельностью человека, которая направлена с одной стороны на разрушение существующей природной геологической среды, а с другой – на ее преобразование с целью строительства новых хозяйственных объектов.

Академик Осипов В.И. в работе [9] «Геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер» дает следующее определение: «геологическая среда – это окружающие нас природные и измененные человеком геологические образования и поля, такие, как рельеф, горные породы, почвы, воды, полезные ископаемые, разные геофизические поля, эндогенные и экзогенные процессы, которые являются минеральной (жизнеобеспечивающей) основой биосферы и влияют на условия существования и деятельности человека». При техногенной деятельности человека геологическая среда испытывает воздействие, которое может существенно изменить свойства ее отдельных элементов, скорость и направленность происходящих в ней процессов. В настоящее время рядом авторов используются понятия, суживающие рассмотрение геологической среды до некоторого конкретного объема верхней части земной толщи, обусловленного только радиусом влияния инженерного сооружения. Они вводят такие понятия как «зона влияния инженерного сооружения» (Бондарик, 1984), «зона геоэкологического влияния», «область взаимодействия сооружения и массива горных пород» (Молоков, 1982) и др., которые подтверждают тенденцию рассмотрения под этим понятием некоторых областей литосферы, объем которых зависит от поставленных перед исследователем задач,

масштаба объекта и степени его ответственности или экологического воздействия. Так, в работе (Королев, Николаева, 1994) под зоной влияния понимается «та часть геологической среды, в пределах которой под влиянием прямого или косвенного техногенного воздействия происходят существенные изменения всех или некоторых ее элементов, имеющие экологическое значение для человека».

Экологическая функция геологической среды по (Трофимов и др., 1997) подразделяется на три основные группы:

– ресурсную, определяющую возможность жизнедеятельности человеческого общества;

– геодинамическую, связанную с проявлениями и динамикой природных и антропогенных геологических процессов, влияющую на условия жизнеобитания биоты, в том числе и человека;

– геохимическую и геофизическую (медико-санитарную), определяющую воздействие на состояние здоровья человека природных и техногенных геохимических аномалий, и геофизических полей.

Изучению геоэкологических проблем на территории Европейского Севера России посвящены исследования, обобщенные в монографиях (Состояние окружающей среды, 1995; Литосфера и гидросфера, 2001; Проблемы экологии, 2002; Губайдуллин, 2002; Юдахин и др., 2003; Гофаров и др., 2006; Красовская, 2008; Полякова, 2009, 2012; Душкова, Евсеев, 2011; Богданович и др., 2014; Губайдуллин и др., 2017 и др.).

### Литература

1. Кутинов Ю.Г. Геоэкология арктического сегмента земной коры. Методологические и концептуальные аспекты. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 ВАК РФ. – Москва, 2003. – 373 с.
2. Кутинов Ю.Г. Экогеодинамика Арктического сегмента земной коры. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 388 с.
3. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Системные свойства геологической среды. Структура временных потоков и критические рубежи в эволюции геосистем. Часть 1. // Пространство и Время. – 2012. – №2(8). – С. 139-146.
4. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Системные свойства геологической среды. Структура временных потоков и критические рубежи в эволюции геосистем. Часть 2. // Пространство и Время. – 2012. – №3(9). – С. 174-183.
5. Абросимов А.В., Сизов О.С. Геопространственное дистанционное обеспечение предотвращения рисков, связанных с термоэрозией, в условиях Крайнего Севера. // Геопрофи. – 2013. – №6.
6. Исаченко А.Г. Экологическая география Северо-Запада России: В 2 ч. – СПб., 1995.
7. Миняев А.П., Юдахин Ф.Н. Экологические проблемы Архангельской области. // Экологические проблемы европейского Севера: Сб. науч. тр. – Екатеринбург, 1996.
8. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Ленинград: Недра, 1977. – 479 с.
9. Осипов В.И. Геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология, 1993. – № 1. – С. 4-18.
10. Новаковский Б.А., Прасолов С.В., Прасолова А.И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. – М.: Научный мир, 2003. – 64 с.
11. Новик О.Б. Электромагнитные и тепловые сигналы из недр Земли. – М.: Круглый стол, 2001. – 255 с.
12. Новые идеи в научной классификации: коллективная монография. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – Вып. 5. – 631 с.

13. Опасные экзогенные процессы / Под ред. В.И. Осипова. – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.
14. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Щербаков В.М. Экологическая уязвимость природных комплексов Арктической зоны России // Российская Арктика. Геологическая история, минерагения, геоэкология. – СПб.: Изд-во ВНИИ Океангеология, 2002. – С. 841-856.
15. Опекунов Ю.А., Холмянский М.А. Актуальные направления геоэкологических исследований на шельфе // Разведка и охрана недр, 2000. – №12. – С. 66-71.

### References

1. Kutinov Yu.G. Geocology of the Arctic segment of the Earth's crust. Methodological and conceptual aspects. Dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences in the specialty 25.00.36 of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation. – Moscow, 2003. – 373 p.
2. Kutinov Yu.G. Ecogeodynamics of the Arctic segment of the Earth's crust. – Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005. – 388 p.
3. Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. System properties of the geological environment. The structure of time flows and critical milestones in the evolution of geosystems. Part 1. // Space and Time. – 2012. – No 2(8). – pp. 139-146.
4. Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. System properties of the geological environment. The structure of time flows and critical milestones in the evolution of geosystems. Part 2. // Space and Time. – 2012. – No 3(9). – pp. 174-183.
5. Abrosimov A.V., Sizov O.S. Geospatial remote provision of prevention of risks associated with thermal erosion in the conditions of the Far North. // Geoprofi. – 2013. – No. 6.
6. Isachenko A.G. Ecological geography of the North-West of Russia: At 2 o'clock – St. Petersburg, 1995.
7. Minyaev A.P., Yudakhin F.N. Environmental problems of the Arkhangelsk region. // Ecological problems of the European North: Collection of scientific tr. – Yekaterinburg, 1996.
8. Lomtadze V.D. Engineering Geology. Engineering geodynamics. – Leningrad: Nedra, 1977. – 479 p.
9. Osipov V.I. Geocology – interdisciplinary science of ecological problems of geospheres // Geocology, 1993. – No. 1. – pp. 4-18.
10. Novakovsky B.A., Prasolov S.V., Prasolova A.I. Digital relief models of real and abstract geofields. – М.: Scientific World, 2003. – 64 p.
11. Novik O.B. Electromagnetic and thermal signals from the bowels of the Earth. – М.: Round table, 2001. – 255 p.
12. New ideas in scientific classification: a collective monograph. – Yekaterinburg: UrO RAS, 2010. – Issue 5. – 631 p.
13. Dangerous exogenous processes / Edited by V.I. Osipov. – М.: GEOS, 1999. – 290 p.
14. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Щербаков В.М. Экологическая уязвимость природных комплексов Арктической зоны России // Российская Арктика. Геологическая история, минерагения, геоэкология. – СПб.: Изд-во ВНИИ Океангеология, 2002. – С. 841-856.
15. Опекунов Ю.А., Холмянский М.А. Актуальные направления геоэкологических исследований на шельфе // Разведка и охрана недр, 2000. – №12. – С. 66-71.

**МИХАЙЛОВ П.Г.** – т.ғ.д., профессор (Ресей Федерациясы, Пенза қ., Пенза мемлекеттік университеті)

**ЖҰБАНДЫҚОВА Ж.У.** – т.ғ.к., доцент (Ақтөбе қ., Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті)

**ТҮКІБАЙ А.А.** – PhD (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

## **ЖЕР ҚҰРЫЛЫСЫНА ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУ ТӘСІЛДЕРІ**

### *Аңдатпа*

*Көпжылдық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Литосфераның терең геологиялық құрылымы мен динамикасы зертханасының қызметкерлерімен бірге жер бедерінің цифрлық моделі салынды.*

*Түйінді сөздер:* экология, геоэкология, геология, атмосфера, биосфера, ионосфера, цифрлық модельдеу, экожүйе.

**MIKHAILOV P.G.** – d.t.s., professor (Russian Federation, Penza, Penza State University)

**ZHUBANDYKOVA Zh.U.** – c.t.s., assoc. professor (Aktobe, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov)

**TUKIBAI A.A.** – PhD (Almaty, Kazakh university ways of communications)

## **APPROACHES TO CONDUCTING GEOECOLOGICAL STUDIES OF THE STRUCTURE OF THE EARTH**

### *Abstract*

*The results of many years of research are presented. Together with the staff of the Laboratory of deep geological structure and Dynamics of the lithosphere, a digital model of the relief of the earth was built.*

*Keywords:* ecology, geoecology, geology, atmosphere, biosphere, ionosphere, digital modeling, ecosystem.

УДК 332.02

**БУЛАТБАЕВ Н.** – магистрант (г. Нур-Султан, Академия государственного управления при Президенте Республики Казахстан)

## **ИННОВАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ РАСЧЕТА ПЛАТЕЖА НА КОММУНАЛЬНЫЕ УСЛУГИ**

### *Аннотация*

*При государственном регулировании тарифообразования на коммунальные услуги не обходится без учета платёжеспособности потребителей. Расслоение населения не позволяет в полной мере закладывать в тарифную сетку затраты, влияющие на развитие сферы. Актуальность темы обусловлено необходимостью обоснования нового подхода к*

*практическому воплощению в государственном регулировании в сфере коммунальных услуг. Это позволит предоставить справедливый доступ к услугам, а также развить данную отрасль.*

*В качестве исследования выбран г. Актобе Актюбинской области, в том числе его население и базовые субъекты естественных монополии. Выбранные методы исследования как дедукция, функционально-стоимостной анализ, позволили прийти к результату инновационного механизма расчета платежей на основе лимитного потребления коммунальных услуг. Разработанный механизм позволит усовершенствовать механизм государственной политики в сфере коммунальных услуг.*

**Ключевые слова:** *естественная монополия, дифференцированный тариф, разные слои населения, платежеспособность, коммунальные услуги, лимит потребления, новый механизм тарифообразования.*

**Введение.** Для развития отрасли коммунальных услуг немаловажную роль играет уровень жизни населения. Доля коммунальных платежей в доходах населения в разных странах отличаются. Однако, отсутствует тот способ платежей, который устраивал бы всех участников коммунальной сферы, ввиду того, что у каждого гражданина свой индивидуальный доход.

Общая тема исследования – это идея нового механизма расчета платежей на коммунальные услуги на основе лимитного потребления. Изучается доходность разных слоев населения и доля составляющих коммунальных платежей. А также, государственное регулирование и политика в сфере тарифообразования, уровень развития сферы коммунальных услуг при действующем законодательстве.

Стоит отметить, что использование тарифного регулирования возможно только в течение небольших отрезков времени, при этом использование данных методов приводит к возникновению определенных проблем в управленческой деятельности. Многие оборудования, которые используются в жилищно-коммунальной сфере используются уже достаточно давно, поэтому периодически они выходят из строя, при этом происходит постепенное увеличение тарифов.

**Основная часть.** Исторически так сложилось, что в период становления независимости, население разделилось на богатых и бедных. Занимаясь коммерческой деятельностью, богатые быстро начали зарабатывать, при этом население, занимающейся профессиональной деятельностью, такие как учителя, врачи, инженера, рабочие и т.д., оставались на зависимость от развития экономики. Также, в зависимости от жизненной ситуации доходы некоторых граждан могут меняться.

Таким образом, образовалось социальное расслоение по степени платежеспособности. Как следствие, государством предпринимаются меры искусственного сдерживания тарифа, в том числе мораторий на повышения тарифа, дифференцированный подход к установлению тарифа, сокращение затрат и т.д. Вместе с тем, предусматривается адресная жилищная помощь, а также дотации и субсидии из бюджетных средств, что как правила в целом не является эффективным методом для развития отрасли. В связи с применением тарифного регулирования в сфере жилищно-коммунального хозяйства возникли некоторые проблемы, которые не могут игнорироваться. Именно поэтому целесообразно применять тарифное регулирование, которое предусмотрено на долгосрочные сроки. Однако, подобное тарифное регулирование также имеет слабые стороны, прежде всего, его основополагающие начала – это затраты.

Вопрос о применении того или иного метода регулирования в жилищно-коммунальной сфере активно обсуждается как в научной среде, так и в обществе, в органах власти. Таким образом, можно сделать вывод об актуальности темы исследования.

Очевидно, что необходимо менять политику тарифообразования. Предлагается механизм перераспределения размера платы за коммунальные услуги между

платежеспособными и неплатежеспособными гражданами. Целью планируемой работы является представление новой идеи эффективного тарифного регулирования для развития отрасли коммунальных услуг.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- раскрыть проблемные вопросы при действующем тарифном регулировании;
- на примере Актюбинской области представить степень развития отрасли;
- методами исследования доказать эффективность нового механизма.

Представленные статистические данные по заработной плате и его доли соотношений с коммунальными платежами говорят об актуальности данной работы. Теоретическая значимость исследовательской работы заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы в практических действиях, сначала в пилотном проекте, а потом в целом – во всеобщей практике, в случае достижения положительного эффекта среди граждан.

Практическая значимость данного исследования состоит в том, что разработанные методические положения обеспечивают возможность корректировки тарифной политики в сфере жилищно-коммунальных услуг, в целях обеспечения необходимого качества данных услуг при обеспечении необходимых условий для развития отрасли. Результаты исследования могут быть реализованы в системе государственного регулирования сферы жилищно-коммунальных услуг, в крупных компаниях данной сферы. В настоящее время в рамках страны жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) развивается неравномерно. Прежде всего, это сказывается на качестве услуг, которые оказываются населению субъектами, которое предоставляют жилищно-коммунальные услуги. Кроме того, деятельность вышеуказанных субъектов приносит различную прибыль. Нередко возникает необходимость привлечения дополнительных средств в виде инвестиций в данную сферу.

Следовательно, тарифное регулирование следует применять различным образом, в зависимости от состояния сферы жилищно-коммунального хозяйства в той или иной местности. В рамках реализации тарифного метода регулирования возможно привлечения инвестиций, в том числе их необходимо привлекать в связи с высокой изношенностью того или иного оборудования.

Стоит учитывать, что привлечение инвестиций возможно только в том случае, если для инвестора будут созданы гарантии получения в дальнейшем прибыли. В рамках деятельности отдельных субъектов жилищно-коммунального хозяйства следует предпринимать действия, направленные на снижение расходов. Таким образом, если возникает необходимость привлечения внешних средств, то следует применять метод тарифного регулирования, во втором случае необходимо осуществить внедрение различных стимулов, в результате чего на субъекты жилищно-коммунальной сферы практически не будут влиять тарифы.

Если рассматривать каждую ситуацию, то в ее рамках следует применять тарифное регулирование, предназначенное на долгосрочный период.

В настоящее время применяемое тарифное регулирование не рассчитывается на длительные периоды времени. Одновременно с этим органы исполнительной власти не создают какие-либо стимулы, а также не способствуют распространению инвестиционной деятельности в данной сфере. В то же время применение данных средств в жилищно-коммунальной сфере просто необходимо для улучшения эффективности этой сферы.

Предполагается, что тарифное регулирование, несмотря на расходы для субъектов жилищно-коммунальной сферы позволит создать благоприятные условия для деятельности инвесторов в данной сфере. Одновременно с этим, населению будут предоставляться услуги, соответствующие установленным стандартам.

Сегодня все вышеперечисленные действия в сфере жилищно-коммунального хозяйства выполняются не в полной мере.

**Результаты (классификация).** В ходе осуществления исследовательской работы была изучена научная литература, в которой рассматриваются как положительные, так и отрицательные стороны применения тарифного регулирования в ЖКХ. В большинстве научных источников указывается на то, что необходимо создавать в сфере ЖКХ стимулы, которые непосредственно изменяют содержание тарифного регулирования данной сферы. Кроме того, целесообразно упорядочить процесс регулирования сферы ЖКХ, поэтому следует применять только определенный метод тарифного регулирования, при этом данный метод будет нести в себе только положительные стороны, то есть благотворно влиять на всех участников жилищно-коммунального хозяйства.

В рамках исследования был сделан вывод, что следует применять комплексный метод, который будет изначально предполагать имущественное положение получателей услуг ЖКХ. В обязательном порядке следует учитывать, что существующие проблемы в сфере ЖКХ в Казахстане существуют в силу применяемого ранее способа регулирования «затраты плюс». В частности, установлено, что данный метод регулирования практически не позволяет реализовываться инвестиционной деятельности в сфере ЖКХ, а существующие инвестиции не позволяют субъектам, которые предоставляют услуги в сфере ЖКХ, значительно снизить различные производственные расходы. Как правило, инвестиции предоставляются из различных бюджетов. Особенностью инвестиций, направляемых на сферу ЖКХ, является то, что они направлены на поддержание уже действующего оборота, а не на обновление уже имеющейся производственной базы.

При реализации политики в сфере жилищно-коммунального хозяйства не могут одновременно достигнуты все поставленные задачи, так как они противоречат друг другу. Кроме того, данное противоречие возникает в связи с тем, что применяются различные методы тарифного регулирования, которые имеют различные положительные и отрицательные стороны. Таким образом, можно сделать вывод, что тарифное регулирование не позволяет внедрить достаточное количество стимулов в сферу ЖКХ Казахстана.

**Обсуждение и выводы.** Если рассматривать классификацию тарифных методов регулирования, которые применяются в различных сферах, то выделяются тарифы по типу «затраты плюс» и те тарифы, которые будут стимулом для субъектов, предоставляющих услуги в сфере жилищно-коммунальных услуг. Одновременно с этим следует учитывать, что многие классификации методов тарифного регулирования являются условными, так как на практике они практически не разделяются между собой.

Стоит отметить, что последствия, к которым приводит тарифное регулирование самые разнообразные. Они могут быть по своей природе как положительные, так и отрицательные, что также обосновывает актуальность исследования тарифного регулирования и объясняет большое количество научных работ по данной тематике.

Одновременно с этим представители экономической науки осуществляют изучение препятствий распространения стимулов, в том числе и в сфере ЖКХ при применении тарифного регулирования. Однако, научные работы по данной тематике появились значительно позже, чем научные работы по вышеуказанным темам.

Чтобы разбить естественную монополию, которая возникла в сфере жилищно-коммунального хозяйства государства создают условия для существования конкурентной борьбы, которая заключается в том, что публично-правовое образование избирает того субъекта, который будет предоставлять коммунальные услуги населению.

Большое количество научных работ именно посвящено тому, как в дальнейшем следует развивать сферу ЖКХ, при этом одновременно рассматриваются последствия применения тарифного метода регулирования. Стоит отметить, что некоторые авторы проводят сравнительный анализ состояния сферы ЖКХ сразу нескольких государств, в рамках которых выявляются существующие проблемы в вышеуказанной сфере. Кроме того, сравнительный анализ может быть посвящен и нескольким различным методам

тарифного регулирования. В процессе исследования выявлено, что несколько подобная работа по усовершенствованию и улучшению платежеспособности населения за коммунальные услуги велась в трудах к.э.н. Российской Федерации С.Ф. Федоровой (Башировой) «Формирование социально-ориентированной системы жилищно-коммунальных услуг в регионе» [1]. В данной работе путем математического и экономического расчета обоснована зависимость собираемости коммунальных платежей от уровня доходности населения, где инструментом повышения платежеспособности населения в интервале доходов от минимального до среднего показателя служат государственные субсидии.

Несмотря на немалое количество проведенных исследований в сфере естественных монополий, почти все они рассматривают проблему регулирования самой сферы, нежели комбинирования с социализацией, то есть адаптирование под общественные требования и интересы. Тем не менее, в статье Н.Г. Любимова, Е.Н. Порцина «Анализ зарубежных методов регулирования тарифов на услуги по передаче электрической энергии сетевыми организациями» в журнале «Инновации и инвестиции» (№1, 2020 г.), посвященной исследованию этой области, приводится опыт применения Великобританией механизма бенчмаркинга в регулировании отношении в сфере естественных монополий [2]. Страна, по словам автора, как и Германия, и Бразилия, применяет стимулирующие методы тарифного регулирования, объединивших в себе лучшие опыты других стран. Стимулирующий метод в Королевстве предусматривает роль государства как регулятора только доходной части СЕМ, в котором сами СЕМ заинтересованы в снижении затрат без ущерба качеству услуг, а в большинстве случаев, еще и ее повышению.

Эффективность такой системы регулирования можно оценить, судя по возникновению конкуренции там, где это, казалось бы, невозможно. Сфера жилищно-коммунального хозяйства достаточно подробно рассмотрена в научной статье О. Шевлягиной. Она отметила, что в ЖКХ данного государства установлена здоровая конкуренция, действуют самые разнообразные субъекты, которые предоставляют населению коммунальные услуги по различным тарифам. Как правило, они осуществляют борьбу за получателей своих услуг. Однако в целом, в Великобритании действует небольшое количество организаций, которые предоставляют коммунальные услуги и имеют статус практически монополистов.

Стоит отметить, что некоторые компании пытаются увеличить количество получателей своих услуг за счет продвижения так называемых природных источников энергии, которые получены без использования различных ископаемых ресурсов. В частности, это такие ресурсы, которые вырабатываются при помощи солнца или ветра. В то же время практически все получатели коммунальных услуг в Великобритании изучают стоимость предоставления данных услуг. Особенностью жилищно-коммунальной сферы Великобритании является то, что в домах граждан установлены двухфазные счетчики, которые фиксируют количество потребленной энергии отдельно днем и отдельно ночью. В свою очередь, это создает возможность для заключения договоров о поставке энергии сразу с двумя поставщиками, при этом в обязательном порядке при выборе поставщика граждане отталкиваются от тарифа. Граждане Великобритании имеют право свободно расторгнуть договор о предоставлении коммунальных услуг и заключать новый договор с любым другим поставщиком, особенность данного права заключается в том, что подобная смена поставщика может быть осуществлена только один раз в неделю. Однако, гражданин за разрыв договорных отношений должен совершить определенный платеж. Все остальные издержки, связанные с началом поставок энергии от нового поставщика, соответственно возлагаются на его плечи. Согласно статистическим данным следует, что те граждане Великобритании, которые периодически осуществляют смену компаний, предоставляющих коммунальные услуги, платят значительно меньше, чем те граждане, которые поддерживаются только одного договора и не прекращают его.

Одна из крупных консалтинговых компаний в Казахстане KPMG с 2015-2016 годов ведет активное исследование методов тарифообразования в сфере коммунальных услуг. Впервые одной из работ удалось ознакомиться на семинаре, организованного 1 ноября 2017 года, где была предложена подобная западноевропейским странам система тарифообразования, предусматривающая стимулирование СЕМ повышению качества услуг путем оптимизации затрат.

Также, вопросам решения проблем в сфере коммунальных услуг уделено внимание в статье О.Н. Лоскутовой и Я.Р. Кондратовой «Проблемы ЖКХ: их актуальность и пути решения» (2014 г.), где приводятся предложения из труда А. Булатовой, позволяющих реформировать сферу жилищно-коммунальных услуг наиболее эффективным способом.

Прежде всего, необходимо совершенствовать правовую базу, которая регламентирует предоставление услуг в сфере ЖКХ, при этом все управляющие компании должны функционировать только после получения соответствующей лицензии. Это необходимо для того, чтобы при необходимости привлечь управляющую компанию к определенной мере ответственности, а также допустить в сферу ЖКХ только профессиональных субъектов. Одновременно с этим необходимо создать реестр граждан, которые не выполняют обязанности по уплате платежей за коммунальные услуги, которые были им предоставлены, при этом необходимо осуществлять мероприятия, которые позволят побудить данных неплательщиков исполнить свои обязательства.

Государственные органы должны предоставлять населению бесплатные консультации по вопросам, которые непосредственно связаны с жилищно-коммунальным хозяйством. Кроме того, в этой деятельности целесообразно привлекать и обучающихся высших учебных заведений по направлению «юриспруденция», которые на бесплатной основе смогут предоставлять данные услуги. Государство также должно содействовать реализации программ, в рамках которых населению будут предоставляться только качественные коммунальные услуги, при этом в сферу ЖКХ также будут внедрять современные технологии, которые позволят снизить амортизацию.

В рамках развития сферы ЖКХ граждане при необходимости должны защищать свои нарушенные права в судебном порядке. Однако, анализируя несчетное количество научных и практических трудов, важность разработки механизма расчета за коммунальные услуги, охватывающего все слои населения, приобретает фундаментально новую ступень.

Анализируя проблемы формирования тарифов в настоящее время, необходимо также обратить внимание на отсутствие прозрачности в этом сложном процессе. Мы имеем в виду отсутствие раздельного, т.е. по видам деятельности, регулирования вертикально-интегрированной компании (СІЕ). В настоящее время регулятор устанавливает полный тариф, включающий все элементы одновременно: производство, передачу и сбыт жилищно-коммунальных услуг.

Тариф утверждается на уровне средних затрат компании с учетом заданной нормы прибыли:

$$Pt = (Ct + \pi t) * Qt ,$$

где  $Pt$  – тариф, определенный по методу «затраты плюс» на будущий период регулирования  $t$ ;

$Ct$  – запланированные на период регулирования  $t$  совокупные затраты;

$\pi t$  – прибыль, определенная как процент от утвержденных затрат;

$Qt$  – ожидаемый выпуск продукта регулируемой организации за период  $t$ .

Особенностью данного метода регулирования является то, что он применяется только в течение кратковременных временных периодов, после истечения данного временного периода применяются решения об утверждении следующего тарифа, при этом учитываются

какие производственные расходы были понесены субъектом, предоставляющим коммунальные услуги. Эффективно может применяться данный метод регулирования только в том случае, если он основан на бухгалтерской отчетности, в которой будут строго учтены все расходы организации. В то же время бухгалтерская отчетность полностью не отражает особенности потребителей, которые получают коммунальные услуги.

Как уже было отмечено выше, тарифный метод регулирования практически не снижает производственные расходы, при данном методе наоборот возрастают расходы на производстве, в результате чего хозяйствующие субъекты вынуждены предпринимать дополнительные действия, направленные на извлечение прибыли. В связи с тем, что метод тарифного регулирования применяется по отношению к небольшому промежутку времени, хозяйствующие субъекты не предпринимает действия, направленные на привлечение дополнительных объемов инвестиций.

Тезис о том, что фирма меняет свое поведение и намеренно начинает увеличивать издержки, в том числе объясняется теоретическими выводами о влиянии асимметрии информации на выбор оптимальной модели регулирования (Laffont, Martimort, 2002; Bolton, Dewatripont, 2005).

В своей работе Jamasb, Pollitt (2007) оценивали эффективность методов стимулирующего регулирования на примере распределительных сетей Великобритании. Авторы отмечают, что реформа в электроэнергетике страны началась достаточно давно, стимулирующее регулирование в электросетевом комплексе начали вводить еще в 1990-е годы, поэтому есть возможность делать достаточно устойчивые выводы. Авторы показали, что используемые методы стимулирующего регулирования позволили сократить издержки организаций и цены, кроме того, регуляторам удалось поддерживать качество услуг на приемлемом уровне, вводя дополнительные нормы и требования. Вместе с тем авторы отмечают, что у регулируемых организаций не возникает достаточных стимулов к инвестициям в общем, а также в новые технологии и инновации, что является значительной проблемой для регуляторов. Как следствие, сохраняется проблема выбора между привлечением инвестиций и повышением эффективности операционных издержек.

Метод индексации при внедрении долгосрочных методов тарифного регулирования приобрел в стране наибольшую популярность. Данный метод содержит в себе признаки и стимулирующего, и затратного методов. Указанный метод, несмотря на свое название, не является методом индексации в его общепринятом понимании.

С точки зрения интерпретации модели Лаффона-Тироля, данный метод является комбинацией затратного и стимулирующего тарифов. Стимулирующая сила тарифов (за счет экономии, описанной выше) носит весьма ограниченный характер, так как организации все равно необходимо подтвердить понесенные затраты, а также тот объем затрат, который был сэкономлен за счет инвестиций. Затратная составляющая метода во многом построена на тех же принципах, что и в методе «затраты плюс», поэтому применение такого метода во многом будет иметь те же недостатки, что и при «затратах плюс».

В соответствии с моделью Лаффона-Тироля, те стимулы, которые получит регулируемая организация, будут зависеть от конкретных значений параметров, заложенных при формировании тарифа. При этом стоит отметить, что метод вводился постепенно в последние годы, в настоящее время о результатах его введения и влиянии на сферу жилищно-коммунального хозяйства еще сказать нельзя [4].

Рассмотрим условный пример предлагаемой модели тарифного регулирования.

## Условный пример (справедливый расчет платежей)

№	Наименование	Доход, зарплата, выплата, пенсия и т.д.*	Средний платеж комуслуг**	% соотношения	Предлагаемый уровень, по инновационному методу***	Сумма платежа
1	Клиент А (представитель бизнеса)	1 000 000	20 000	2%	5%	50 000
2	...				5%	
..	...				5%	
9	...				5%	
10	...				5%	
11	Клиент Б (пенсионер)	60 000	20 000	33%	5%	3 000
	<b>Итого</b>	<b>1 060 000</b>	<b>40 000</b>	<b>3,8%</b>	<b>5%</b>	<b>53 000</b>

\* статистические данные

\*\* статистические данные

\*\*\* данную ставку государство может менять в сторону увеличения в случае благоприятной экономики, и в сторону уменьшения в случае неблагоприятной

Можно сделать вывод, что доли коммунальных платежей в структуре доходов клиента А и клиента Б существенно различаются (в 16 раз). Предлагаемая система тарифного регулирования будет устанавливать единый уровень платежей за жилищно-коммунальные услуги на уровне 5% в общей структуре доходов.

Далее приведен расчет платежей по предлагаемой системе тарифного регулирования.

## Расчет платежей по предлагаемой тарифной системе

№	Наименование	Вода* (м <sup>3</sup> ) лимит	Факт. потребление	Перерасход	Средний тариф	Сумма к платежу
1	Коттедж	3	5	2	150	300
2	....				150	
...	...				150	
9	....				150	
10	.....				150	
11	Общежитие	3	2	-	150	-

\* также по электроэнергии, газу, теплу, сжиженному газу, уголь, ТБО и т.д.

Таким образом, с помощью данной системы будет реализован дифференцированный подход к тарифообразованию различных групп потребителей. Так, платежи потребителей с различным уровнем дохода будут различны, но с условием сохранения пропорции уровня данных платежей в общей структуре доходов. При определении тарифа регулирования сферы ЖКХ избирается именно тот тариф, который не причиняет существенных расходов для субъектов, предоставляющих коммунальные услуги, а также именно тот тариф, который создает для вышеуказанных субъектов стимулы.

В то же время перед хозяйствующими субъектами, которые предоставляют коммунальные услуги населению возникает проблема необходимости внедрения нового производственного оборудования. Кроме того, следует вести работу с потребителями, в рамках которой последним будет объясняться, что установленные тарифы являются не завышенными.

ЖКХ в Казахстане развивается неравномерно, поэтому коммунальные услуги предоставляются гражданам на различных уровнях, что также влияет и на стоимость коммунальных услуг, на уровень привлечения внешних инвестиций в сферу ЖКХ в зависимости от той или иной местности. При избрании конкретного тарифного метода регулирования следует учитывать состояние имеющегося оборудования, так как на практике некоторое оборудование и вовсе находится в аварийном состоянии. Именно в этот момент важны инвестиции, так как они могут быть направлены на обновление производства, а также на сокращение различных амортизационных расходов. Стоит отметить, что в связи с применением такой разновидности регулирования сферы ЖКХ, как «затраты плюс» возникли существенные проблемы, которые не могут игнорироваться. Прежде всего, происходит увеличение стоимости коммунальных услуг, что также непосредственно сказывается и на потребителях коммунальных услуг. Одновременно с этим возникают самые разнообразные тарифы коммунальных услуг, при этом по качеству данные услуги существенно отличаются друг от друга. В настоящее время тарифное регулирование практически полностью перешло на длительный срок, при этом сохраняются практически все существующие проблемы в сфере ЖКХ.

#### Литература

1. Федорова С.Ф. Формирование социально-ориентированной системы жилищно-коммунальных услуг в регионе. – 2010.
2. Любимова Н.Г., Порцина Е.Н. Анализ зарубежных методов регулирования тарифов на услуги по передаче электрической энергии сетевыми организациями. // Инновации и инвестиции. – 2020. – №. 1. – С. 163-167.
3. Каланцова А.С., Дайнеко Л.В. Подходы к управлению жилой недвижимостью в России и за рубежом. // Весенние дни науки. – Екатеринбург. – 2021. – С. 792-795.
4. Laffont J.-J., Tirole J. A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. MIT Press, Cambridge, MA., 1993.

#### References

1. Fedorova S.F. Formation of a socially-oriented system of housing and communal services in the region. – 2010.
2. Lyubimova N.G., Parshina E.N. Analysis of foreign methods of regulation of tariffs for electric power transmission services by grid organizations // Innovations and investments. – 2020. – No. 1. – pp. 163-167.
3. Kazantseva A.S., Daineko L.V. Approaches to the management of residential real estate in Russia and abroad // Spring days of science. – Yekaterinburg. – 2021. – pp. 792-795.
4. Laffont J.-J., Tirole J. A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. MIT Press, Cambridge, MA., 1993.

**БУЛАТБАЕВ Н. – магистрант (Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Мемлекеттік басқару Академиясы)**

## **ТӨЛЕМДІ ЕСЕПТЕУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕТІГІ КОММУНАЛДЫҚ ҚЫЗМЕТТЕРГЕ**

### ***Аңдатпа***

*Коммуналдық қызметтерге тариф белгілеуді мемлекеттік реттеу кезінде тұтынушылардың төлем қабілеттілігі ескерілмей аяқталмайды. Халықтың стратификациясы саланың дамуына әсер ететін шығындарды тарифтік торға толығымен салуға мүмкіндік бермейді. Тақырыптың өзектілігі коммуналдық қызметтер саласындағы мемлекеттік реттеуде практикалық іске асырудың жаңа тәсілін негіздеу қажеттілігімен байланысты. Бұл қызметтерге әділ қол жеткізуге, сондай-ақ осы саланы дамытуға мүмкіндік береді.*

*Зерттеу ретінде Ақтөбе облысының Ақтөбе қаласы, оның ішінде оның халқы және табиғи монополиялардың базалық субъектілері таңдалды. Дедукция, функционалдық-құндық талдау ретінде таңдалған зерттеу әдістері коммуналдық қызметтерді лимиттік тұтыну негізінде төлемдерді есептеудің инновациялық тетігінің нәтижесіне қол жеткізуге мүмкіндік берді. Әзірленген тетік коммуналдық қызметтер саласындағы мемлекеттік саясат тетігін жетілдіруге мүмкіндік береді.*

***Түйінді сөздер:*** табиғи монополия, сараланған тариф, халықтың әртүрлі топтары, төлем қабілеттілігі, коммуналдық қызметтер, тұтыну лимиті, тариф белгілеудің жаңа тетігі.

**BULATBAYEV N. – master's student (Nur-Sultan, Academy of Public Administration under the President of the Republic of Kazakhstan)**

## **INNOVATIVE PAYMENT CALCULATION MECHANISM FOR UTILITIES**

### ***Abstract***

*With the state regulation of tariff formation for utilities, it is necessary to take into account the solvency of consumers. The stratification of the population does not allow us to fully include in the tariff grid the costs that affect the development of the sphere. The relevance of the topic is due to the need to substantiate a new approach to practical implementation in state regulation in the field of public utilities. This will provide fair access to services, as well as develop this industry.*

*The city of Aktobe of the Aktobe region, including its population and the basic subjects of natural monopolies, was selected as a study. The chosen research methods, such as deduction, functional and cost analysis, allowed us to come to the result of an innovative mechanism for calculating payments based on the limited consumption of utilities. The developed mechanism will make it possible to improve the mechanism of state policy in the field of public services.*

***Keywords:*** natural monopoly, differentiated tariff, different segments of the population, solvency, utilities, consumption limit, new mechanism of tariff formation.

УДК 621.313.13

**ИЗТЕЛЕУОВА М.С.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

**ШАКМАНОВА С.С.** – ст. преподаватель (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

**КУЛМАГАМБЕТОВА Ж.Д.** – ст. преподаватель (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

**ЕСКОЖАНОВА Н.Г.** – ст. преподаватель (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

## **РОЛЬ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЗАКУПОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

### *Аннотация*

*Метод сбалансированных показателей представляет собой своего рода «каркас», позволяющий компании сформулировать свою логистическую стратегию как набор операционных целей, определяющих ее поведение на рынке и финансовое благополучие. Он позволяет оценить степень достижения целей, эффективность бизнес-процессов и ключевые показатели эффективности (KPI) компании, ее подразделений и каждого сотрудника. Их связь с системой мотивации сотрудников повышает заинтересованность последних в достижении целей компании, что поддерживает постоянную заинтересованность.*

*Ключевые слова:* метод сбалансированных показателей, бизнес-процессы, ключевые показатели эффективности (KPI) компании, увеличение прибыли, инновации.

**Введение.** В последнее время количество компаний, работающих на казахстанском рынке растет, и перед ними ставится задача оценить вклад отделов логистики в конечные результаты бизнеса. Затраты на логистику могут достигать высоких значений в себестоимости товаров, но высокий уровень логистического обслуживания позволяет повысить лояльность клиентов к компании, привлечь к сотрудничеству новых клиентов, тем самым увеличить продажи и прибыль. Правильная оценка эффективности логистики часто затруднена из-за отсутствия надежной системы достоверных показателей и методов их расчета.

**Основная часть.** Система сбалансированных показателей (ССП) – это инструмент управления, позволяющий связать операционную деятельность компании с ее разработанной стратегией. Система сбалансированных показателей, отражает баланс, который позволяет сохранять между краткосрочными и долгосрочными целями предприятий, а также внешними и внутренними факторами деятельности предприятий [1]. Метод сбалансированных показателей представляет собой своего рода «каркас», позволяющий компании сформулировать свою логистическую стратегию как набор операционных целей, определяющих ее поведение на рынке и финансовое благополучие (рисунок 1).

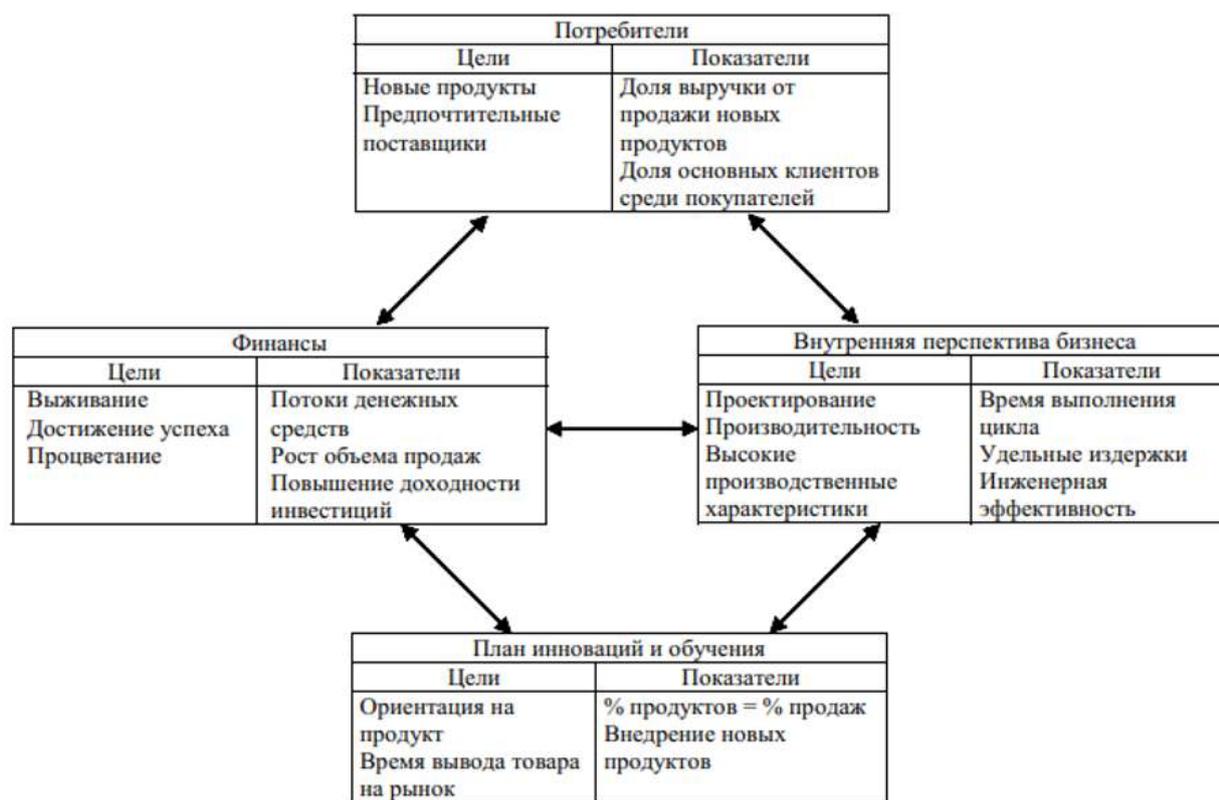


Рисунок 1 – Система сбалансированных показателей Р.С. Каплана, Д.П. Нортон

Он позволяет оценить степень достижения целей, эффективность бизнес-процессов и ключевые показатели эффективности (KPI) компании, ее подразделений и каждого сотрудника. Их связь с системой мотивации сотрудников повышает заинтересованность последних в достижении целей компании, что поддерживает постоянную заинтересованность (рисунок 2).

		Сферы влияния	
		Внешние	Внутренние
Приоритетная цель	Получить доход	Акционеры: Получить хорошие финансовые показатели	Работники: Обучение и развитие персонала
	Удовлетворить нужду, потребность	Клиенты: Создание ценностей для клиентов	Внутренние процессы: Эффективная организация внутренних бизнес-процессов

Рисунок 2 – Матрица «Приоритетная цель / Сфера влияния»

Таким образом, можно сделать вывод, что данная система для измерения эффективности деятельности предприятия в целом, которая основана на видении и установлении конкретной стратегии, которая отражает четкие аспекты для предприятия. Концепция такой системы позволяет поддерживать и совершенствовать стратегическое планирование, реализацию и дальнейшую корректировку или разработку стратегии, путем объединения усилий всех подразделений данного предприятия [1].

В системе сбалансированных показателей организацию принято рассматривать с точки зрения четырех перспектив (аспектов). В соответствии с каждой из этих перспектив разрабатывают количественные показатели, собирают данные и анализируют их.

Главная задача ССП – это увеличение прибыльной стоимости компании.

Существует два пути достижения этой цели:

- а) увеличение продаж;
- б) уменьшение затрат.

Для управления стоимости предприятия необходимо определить меры, которые бы позволили увеличить продажи или снизить затраты. Сокращение затрат напрямую связано с учетом всех издержек предприятия, с которым эффективно может справиться система учета и затрат на основную деятельность предприятия. Основная проблема состоит в том, что неизвестно, как увеличить продажи на предприятии и снизить издержки. Система показателей показывает, откуда берется прибыль, какой поток клиентов обеспечивает доход предприятия. Эта система выявляет такие ключевые бизнес-процессы, на совершенствовании которых компания должна сосредоточить свои знания и навыки, чтобы эффективнее преподнести свое предложение до потребителя. Таким образом, она способствует направить работу с персоналом, развить внутренние системы компании, корпоративную культуру и климат организации [2].

Глобальная цель системы сбалансированных показателей включает в себя:

- а) создание систем, которые способны реализовывать стратегические планы компании, операционно управлять и следить за контролем реализации поставленной стратегии;
- б) создание определенных показателей эффективности для менеджеров высокого уровня или звена, включающих задачи и показатели управления более низкого уровня организационно-функциональной структуры на данном предприятии;
- в) обеспечение для реализации данной стратегии при регулярной деятельности подразделений предприятия;
- г) расчет успешности любого проекта, который требует больших затрат;
- д) привязка цели компании к деятельности управляемого персонала.

Суть ССП заключается в необходимости определения стратегии в некоторых перспективах, точной и конкретной постановке стратегических целей организации и измерении степени достижения этих целей.

Основное назначение ССП – обеспечение сбора необходимой информации, для ее анализа и систематизации в дальнейшем, необходимой для принятия стратегических управленческих решений, ССП является основной частью системы управления в организации [3].

Простота заключается в том, что эта методология переводит миссию и стратегию компании в достижение ранее поставленных целей данной организации в рамках стандартных перспектив для каждой организации: финансов, внутренних бизнес-процессов, клиентов, обучения и роста.

Комплексность ССП заключается во внедрении данной стратегии и требует ее создания и измерения, а также обеспечения механизма ее реализации изменений для повышения эффективности, управления, мотивации и стимулирования персонала. Мониторинг и проведение полученных результатов изменений при таком подходе, с использованием различных методик, усовершенствованных для оптимизации данных процессов, улучшению и управлению персоналом на данном предприятии [4].

Правильно построенная система показателей, позволяет предприятию:

- а) четко определять финансовые, технологические, информационные, кадровые ресурсы для реализации данной стратегии и добиться ее движения на предприятии;
- б) установить связь стратегических целей и ежедневной работой коммерческих;
- в) усовершенствовать путем повышения управляемости и эффективности деятельности предприятия, а также снизить риски.

Основное преимущество заключается в том, что оно пронизывает структуру предприятия и согласовывает действия персонала, направленные на реализацию данной

стратегии и целей предприятия. Данная информация, связанная с поставленными стратегическими целями, должна быть доступна всем сотрудникам различных уровней. Обработанная информация, становится знанием для всех. Наличие такого всеобщего знания – это главная ценность, важнейший элемент принятия эффективных решений, а также достижение поставленных целей организации.

Сбалансированная система помогает быстро получать четкую информацию руководителям о том, что происходит на предприятии, чтобы в дальнейшем решить или устранить возникшие проблемы. Концепция ССП помогает представить, какие должны быть стратегические цели предприятия.

Стратегическая карта (strategymap) – это стратегии, с помощью которых причинно-следственные связи присутствуют на каждом уровне управления предприятия. Данную модель для реализации стратегии можно использовать для полного достижения поставленных целей или для их реорганизации [3].

ССП обеспечивает совместное взаимодействие сотрудников данного предприятия путем снабжения всех уровней управления, таким образом можно улучшить процесс принятия решений и добиться поставленных целей предприятия. Удачно реализовав стратегию, в дальнейшем все будет зависеть от инициативы каждого сотрудника, правильно распределив ресурсы предприятия. Выявив ключевые показатели для предприятия и для реализации стратегии, сотрудники обязаны повысить свою квалификацию и улучшить эффективность работы предприятия в целом. Путем привлечения персонала в реализацию принятых решений предприятие превращается в такую систему, где работник обязан понимать и выполнять поставленные цели организации. Таким образом, предприятие должно быстро реагировать на проблемы, которые могут быть опасны для предприятия и вследствие чего принимать соответствующие управленческие решения [4].

ССП помогает предприятию в оптимизации и улучшении бизнес-процессов, тем самым выравнивая эти бизнес-процессы с поставленной стратегией. Ключевые процессы такие как, бизнес-планирование, идентификация, прогнозирование, организация бюджетирования, увязываются с такими показателями как эффективность предприятия, рентабельность. Благодаря этой системе, предприятие может наиболее точно управлять своими денежными средствами исходя из стратегии.

Каждому отдельному показателю эффективности в данной системе, используемому для оценки достижений при поставленной долгосрочной цели предприятия, должен быть назначен отдельный работник, который будет нести ответственность по этим показателям. ССП позволяет определить конкретные области в своей деятельности и затем закрепить за каждой отдельной отраслью конкретного человека [4].

Условия, необходимые для внедрения ССП:

- а) получение поддержки руководства для внедрения данной системы;
- б) получение соглашения;
- в) определение внутреннего руководителя для данного проекта;
- г) четкое установление целей, стратегии и миссии;
- д) определение области охвата;
- е) определение инициативы для достижения поставленных целей.

Выгоды использования системы сбалансированных показателей, следующие:

- она предоставляет руководству предприятия полную картину и трактовку бизнеса;
- позволяет уменьшить возникновение на предприятии критичных ситуаций;
- принципы построения выгоды данной системы позволяет облегчить взаимодействие всех организационных уровней и дать четкое понимание, какие цели стоят на предприятии;
- обеспечивает обучение сотрудников и дает обратную связь;

- позволяет преобразовать объем данных, полученных из информационных источников, доступных для каждого работника [4].

Система сбалансированных показателей позволяет создать цепочку стратегических планов компании, предоставляя информацию каждому сотруднику, используя вертикально интегрированную структуру ключевых показателей деятельности предприятия.

Состав системы сбалансированных показателей индивидуален для каждого хозяйствующего субъекта, так как формируется в зависимости от экономической политики и стратегических целей каждого отдельного хозяйствующего субъекта.

Основное назначение системы сбалансированных показателей состоит в том, чтобы превратить стратегию хозяйствующего субъекта в конкретные количественные цели и, как следствие, в определенные меры. Для хозяйствующего субъекта его отличительные черты связаны со спецификой его деятельности и могут отражаться в его стратегических целях и задачах.

Для реализации схемы мониторинга большое значение имеет точность заданного сопоставления и порядок установления граничных уровней «настройки» логистической системы в виде КПЭ. КРІ – это инструмент, используемый для оценки эффективности хозяйствующего субъекта, а система сбалансированных показателей используется для определения и реализации стратегии. Таким образом, ССП фокусируется на стратегическом управлении, а КРІ – на оперативном управлении.

КРІ – это инструменты, помогающие понять причинно-следственную связь между целями производительности и драйверами производительности.

ССП является полезным инструментом стратегического управления для реализации стратегии и ее корректировки, когда в системе показателей измеряются плохие результаты. В результате КРІ используются ССП в общем процессе мониторинга и корректировки стратегии организации. Этапы внедрения системы ключевых показателей и организационно-основные задачи по внедрению ключевых показателей:

1) формулировка стратегии хозяйствующего субъекта, стратегия должна быть четко изложена в письменной форме (при разработке стратегии должны быть указаны основные факторы рентабельности хозяйствующего субъекта);

2) разработка системы сбалансированных показателей реализации стратегии хозяйствующего субъекта;

3) выбор системы ключевых показателей для каждой из перспектив ЦИК;

4) определение ключевых показателей эффективности для оценки эффективности работы каждого подразделения и работника хозяйствующего субъекта, разработка положения о системе КРІ;

5) создание системы мотивации на основе КРІ;

6) внедрение автоматизированной информационной системы сбора и анализа информации по КРІ, ввод информации в систему;

7) контроль за реализацией стратегии: оценка деятельности хозяйствующего субъекта, подразделений и сотрудников в целом, контроль за выполнением КРІ, а также в случае непредвиденных ситуаций пересмотр и корректировка КРІ в соответствии с регламентом.

Субъект хозяйствования может внедрить систему КРІ как с помощью консультантов, так и самостоятельно.

Если система КРІ внедряется самостоятельно, то сотрудники, задействованные в этом проекте, должны быть освобождены хотя бы частично или полностью от определенных задач хотя бы на время проекта. Внедрение КРІ имеет решающее значение для реализации стратегии. Система КРІ выступает в качестве инструмента реализации стратегии, так как трансформирует стратегию в конкретные, измеримые действия, тем самым донося стратегию до каждого сотрудника хозяйствующего субъекта. Основные показатели эффективности должны быть непосредственно связаны с тактическими и стратегическими

целями хозяйствующего субъекта и целями его конкретного функционального подразделения [1].

При создании собственной системы ССП необходимо четко понимать, что сбалансированная система показателей является основой всех систем и средств контроля, которые компания использует в своей работе.

Существует несколько шагов для внедрения ССП [1]:

Первый этап – разработка ССП, в которой подробно описываются цели, показатели и их критерии, мероприятия, сроки, ресурсы и бюджеты (действия – описание; результат – стратегические цели, выявленные причинно-следственные связи между ними, показатели), и критерии эффективности.

Второй этап – стратегическое обучение и коммуникация. Сотрудник, назначенный на использование и применении ССП, должен быть обучен действиям в условиях реализации ССП (документирование целей, показателей, критериев и мероприятий, а также возможность делиться этими данными). Для этого предоставляется доступ к справочной системе и текущим данным результативности деятельности компании. В электронном виде структурной основой ССП может быть портал, предназначенный специально для работника, назначенный на использование ССП, проводит обучение, а также создает портал или иной механизм интерактивного доступа к ССП в организации; результатом является обученный персонал, способный быстро обслуживать проект. Создание мотивации сотрудников – сложнейшая задача, от решения которой зависит успех стратегического управления.

Третий этап – бизнес-подготовка и реинжиниринг, который необходим для оценки эффективности существующих методов управления, бизнес-процессов и принятия мер по их оптимизации.

Четвертый этап – анализ и сопоставление результатов измерений с целью выявления направлений деятельности по управлению бизнесом (действия – уточнение показателей и критериев, создание системы отчетности по проблемам; результат – выявляются недочеты, которые необходимо подкорректировать).

Пятый этап – управление знаниями и повышение квалификации, включает в себя мониторинг широкого спектра рабочих процессов, инструменты организации совместной работы и обучения (действия – оптимизация рабочего процесса, его хранение и передача, а также групповые конференции, семинары и т.д.; результат – рациональное использование знаний, высокая производительность и эффективность сотрудничества).

Внедрение ССП в оптимизацию закупочной деятельности предприятия предусматривает комплексную перестройку всего логистического процесса реализации корпоративной стратегии и тактики, в течение 3-9 месяцев. Автоматизация закупочной деятельности означает осуществление мероприятий по комплексному внедрению современных информационных технологий на предприятии [5].

Кратчайшим путем реализации и контроля стратегии компании является автоматизация концепции сбалансированных показателей и создание информационной системы ССП, где информация циркулирует в рамках интегрированного алгоритма ССП и функциональности информационной системы.

Основной задачей эффективного функционирования информационной системы ССП является определение источников данных для загрузки их в систему. Необходимость получения больших объемов данных для расчета финансовых и нефинансовых показателей исходит из учетных систем, систем бюджетирования, HR-систем, приложений ERP и CRM, файлов Excel и т.д. требует организации импорта данных. Одним из решений проблемы, является использование специальных информационных технологий. Они позволяют предприятиям избавиться от рутинных решений и операций, сводя к минимуму работу с бумажными документами. Продукты этого класса помогают установить цели организации, показатели их достижения, собрать данные по показателям и увидеть, насколько компания

достигла поставленных целей.

Таким образом, автоматизация управления может быть достигнута за счет использования специального программного обеспечения, позволяющего всесторонне оценить эффективность организации, получить более четкое представление о состоянии предприятия, так как обращает внимание пользователя на наиболее важные параметры работы, требующие проведения мероприятий по улучшению. Информация представлена максимально наглядно [5].

Разработанный интерфейс обеспечивает интерактивность и анимацию всех форм представления данных и сочетает в себе простоту и интуитивность с одной стороны, и адекватность необходимых инструментов для мониторинга индикаторных систем с другой.

**Заключение.** Подводя итог вышеизложенному материалу, можно сказать, что система сбалансированных показателей является одним из самых ярких способов максимально удовлетворить потребности компании в управленческой информации и способствовать ее развитию. Основным преимуществом этой системы является возможность учитывать показатели эффективности при взаимодействии, а также определять влияние каждого из них на общую ситуацию в организации. Кроме того, ССП предлагает совершенно новый инструмент управления, позволяющий высшему руководству компании оценивать не только текущие, но и важные факторы ее будущего развития, набор взаимосвязанных сбалансированных показателей. В заключение следует отметить, что в современных непростых рыночных условиях система сбалансированных показателей может существенно помочь в решении ключевых вопросов управления закупочной деятельностью и сбытом на предприятии, развитии механизмов обслуживания.

### Литература

1. Каплан Р.С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон/ пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2018. – 265 с.
2. Гаспарян В. Об оптимальном уровне автоматизации процессов, связанных с планированием работы транспорта / Логистика сегодня – 2011 – №02(44) – С. 110-112.
3. Фридаг Х.Р. Сбалансированная система показателей / Фридаг Х.Р., Шмидт В. / пер. с нем. – М.: Омега-Л, 2019. – 144 с.
4. Лоцилина И.В. BSC (Сбалансированная система показателей) и BusinessStudio / И.В. Лоцилина // «BYTE/Россия» – 2015. – №9. – С. 23-27.
5. Рябых Д. Что такое сбалансированная система показателей / Д. Рябых // Интернет-портал «Корпоративный менеджмент». – ([http://www.cfin.ru/management/controlling/bsc\\_short.shtml](http://www.cfin.ru/management/controlling/bsc_short.shtml)).

### References

1. Kaplan R.S. Balanced scorecard. From strategy to action / R.S. Kaplan, D.P. Norton/ translated from English – М.: CJSC "Olympus-Business", 2018. – 265 p.
2. Gasparyan V. On the optimal level of automation of processes related to the planning of transport operations / Logistics today – 2011 – No.02(44) – pp. 110-112.
3. Fridag H.R. Balanced scorecard / Fridag H.R., Schmidt V. / trans. from German – М.: Omega-L, 2019. – 144 p.
4. Loshilina I.V. BSC (Balanced Scorecard) and BusinessStudio / I.V. Loshilina // "BYTE/Russia" – 2015. – No. 9. – pp. 23-27.
5. Ryabykh D. What is a balanced scorecard / D. Ryabykh // Internet portal "Corporate Management". – ([http://www.cfin.ru/management/controlling/bsc\\_short.shtml](http://www.cfin.ru/management/controlling/bsc_short.shtml)).

**ИЗТЕЛЕУОВА М.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., логистика және көлік академиясы)**

**ШАКМАНОВА С.С. – аға оқытушы (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)**

**ҚҰЛМАҒАМБЕТОВА Ж.Д. – аға оқытушы (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)**

**ЕСКОЖАНОВА Н.Г. – аға оқытушы (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)**

## **КӘСПОРЫННЫҢ САТЫП АЛУ ҚЫЗМЕТІНДЕГІ ТИІМДІЛІКТІҢ ТЕҢГЕРІМДІ КӨРСЕТКІШТЕРІ ЖҮЙЕСІНІҢ РӨЛІ**

### *Аңдатпа*

*Теңдестірілген көрсеткіштер әдісі-бұл компанияға өзінің логистикалық стратегиясын нарықтағы мінез-құлқы мен қаржылық әл-ауқатын анықтайтын операциялық мақсаттар жиынтығы ретінде тұжырымдауға мүмкіндік беретін «негіз» түрі. Ол мақсатқа жету дәрежесін, бизнес-процестердің тиімділігін және компанияның, оның бөлімшелерінің және әрбір қызметкердің негізгі тиімділік көрсеткіштерін (KPI) бағалауға мүмкіндік береді. Олардың қызметкерлерді ынталандыру жүйесімен байланысы соңғысының компанияның мақсаттарына жетуге деген қызығушылығын арттырады, бұл үнемі қызығушылық тудырады.*

**Түйінді сөздер:** *теңгерімді балл әдісі, бизнес-процестер, компания қызметінің негізгі көрсеткіштері (KPI), пайданың артуы, инновация.*

**IZTELEUOVA M.S. – d.t.s., professor (Almaty, Academy of Logistics and Transport)**

**SHAKMANOVA S.S. – senior lecturer (Almaty, Academy of logistics and transport)**

**KULMAGAMBETOVA Zh.D. – senior lecturer (Almaty, Academy of logistics and transport)**

**ESKOZHANOVA N.G. – senior lecturer (Almaty, Academy of logistics and transport)**

## **THE ROLE OF THE SYSTEM OF BALANCED PERFORMANCE INDICATORS IN THE PROCUREMENT ACTIVITIES OF THE ENTERPRISE**

### *Abstract*

*The balanced scorecard method is a kind of "framework" that allows a company to formulate its logistics strategy as a set of operational goals that determine its market behavior and financial well-being. It allows you to assess the degree of achievement of goals, the effectiveness of business processes and key performance indicators (KPIs) of the company, its divisions and each employee. Their connection with the employee motivation system increases the interest of the latter in achieving the company's goals, which maintains a constant interest.*

**Key words:** *balanced score method, business processes, key performance indicators (KPI) of the company, increase in profit, innovation.*

УДК 621.382

**КЕМЕЛЬБЕКОВ Б.Ж.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**БАЙМОЛДИН Г.А.** – магистрант (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**ЖАНАБАЕВ Д.М.** – магистрант (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

### *Аннотация*

*Теория СМО связана непосредственно с разработкой и анализом математических моделей, описывающих процесс обслуживания некоторых объектов, которые поступают на вход обслуживающего прибора в виде некоторого потока, и в общем случае образующего очередь на входе обслуживающего прибора.*

*Ключевые слова:* система массового обслуживания, каналы обслуживания, инфокоммуникационные системы, телефонные сети.

**Введение.** Одной из основных моделей, используемых инженерами-связистами, является система массового обслуживания (СМО). Модель СМО рассматривается в теории массового обслуживания или в теории очередей. В этой области первые работы были вызваны потребностями практики, особенно широким развитием телефонных сетей. Следовательно, в работах по теории СМО распространена терминология, заимствованная из телефонии (заявки, требования, каналы обслуживания, вызовы и т.д.).

В связи с тем, что рассматриваются абстрактные (математические) модели, абсолютно не важна природа обслуживаемых объектов, а также их физические свойства (будут ли это вызовы, информационные кадры в сетях связи либо покупатели в магазине, или детали на автоматической линии и т.д.). Важным являются правила и математические законы обслуживания этих объектов, моменты их появления, так как от этих законов и моментов зависит адекватное отображение эволюции моделируемого объекта во времени. Следовательно, говоря о методах анализа очередей, имеют в виду абстрактные (математические) модели, а из контекста всегда должно быть понятно, для исследования какой реальной системы применяются эти модели.

Использование СМО как модели преследует цель анализа качества функционирования вышеуказанных систем-оригиналов.

В свою очередь, сети массового обслуживания (СеМО) используются для определения наиболее важных системных характеристик инфокоммуникационных систем: времени доставки пакетов, производительности, вероятности потери сообщений и блокировки в узлах сети, диапазоны допустимых значений нагрузки, при которых обеспечивается требуемое качество обслуживания QoS и др.

**Основная часть.** Фундаментальным в теории СеМО является понятие состояния сети. Важнейшей характеристикой СеМО являются вероятности их состояний. Чтобы определить вероятности состояний СеМО необходимо исследовать протекающий в сети случайный процесс. В качестве моделей протекающих процессов в СеМО чаще всего используются марковские и полумарковские.

Функционирование экспоненциальных СеМО описывается марковским процессом с непрерывным временем. Сеть называется экспоненциальной, если входящие в каждую СМО потоки требований пуассоновские, а время всех этапов обслуживания, реализуемого

на любой СМО сети, имеет экспоненциальное распределение. Следовательно, можно считать, что этапы обслуживания не зависят друг от друга, от параметров входящего потока, от состояния сети, даже от маршрутов следования требований.

Наиболее разработана теория экспоненциальных СеМО, и ее широко применяют как для исследования СПД, так и для исследования мультипроцессорных вычислительных систем (ВС). Попытки глубокого анализа немарковских моделей систем связи представляют собой значительные трудности, которые обусловлены, прежде всего, отсутствием независимости длительности пребывания требований в различных узлах моделей сетевых систем с нестандартными дисциплинами. При достаточно реалистическом, на первый взгляд, предположении о том, что длина требования остается постоянной в процессе его передачи через сетевые узлы, необходимо отслеживать путь каждого требования, что представляет невозможным аналитический расчет характеристик для сети с количеством узлов  $M > 2$ .

Анализ, посвященный расчету или исследованию немарковских моделей, работ показывает, что решения, как правило, получены алгоритмически путем сложных численных расчетов с использованием преобразований Лапласа-Стилтьеса. Они реализуются программно, отличаются большой трудоемкостью, либо в области средней и большой нагрузки значительными погрешностями в оценке показателей производительности инфокоммуникационных систем (ИС). В связи с вышеизложенным, для моделирования СеМО, которые выходят из класса мультипликативных, используются приближенные методы.

Аналитические методы расчета характеристик инфокоммуникационных систем базируются на анализе экспоненциальных СеМО. Используя данный математический аппарат, можно получить аналитические модели для решения большого круга задач исследования СМО.

СеМО, прежде всего, представляют собой совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания. Вспомним основные особенности этих систем.

Требования (заявки) на обслуживание поступают через случайные или постоянные интервалы времени. Каналы (приборы) служат для обслуживания этих заявок. Обслуживание длится некоторое постоянное или случайное время. Если в момент поступления заявки все каналы заняты, то заявка помещается в ячейку буфера и ожидает начала обслуживания. Заявки, которые находятся в буфере, образуют очередь на обслуживание. В случае если все ячейки буфера заняты, то заявка получает отказ в обслуживании и теряется. Вероятность отказа (вероятность потери заявки) является одной из основных характеристик СМО. Существует также и другие характеристики СМО, такие как среднее время ожидания начала обслуживания, коэффициент загрузки прибора (доля времени, в течение которого прибор занят обслуживанием), средняя длина очереди и т.д.

СМО различают в зависимости от объема буфера: с отказами, где отсутствует буфер, СМО с ожиданием, где буфер не ограничен и СМО смешанного типа, где буфер имеет конечное число заявок. В СМО с отказами отсутствуют очереди, в СМО с ожиданием – нет потерь заявок, в СМО смешанного типа возможно и то и другое.

Заявки также различают по их важности, т.е. по приоритету. В первую очередь обслуживаются заявки с более высоким приоритетом. Абсолютный приоритет дает возможность прервать обслуживание менее важной заявки и занять ее место в приборе (или в буфере, если все приборы заняты столь же важными заявками). Вытесненная заявка теряется или поступает в буфер, где ждет дообслуживания. Приходится возобновлять обслуживание вытесненной заявки сначала, не продолжая с точки прерывания. Если заявка вытеснена из буфера, она, конечно, теряется. В вычислительных системах, к примеру, абсолютный приоритет имеют команды оператора. Относительный же приоритет дает право первоочередного занятия освободившегося прибора. Однако он не дает право на вытеснение заявки из прибора или буфера. Относительный и абсолютный приоритеты

различаются также моментом действия: относительный реализуется в момент освобождения прибора, а абсолютный – в момент поступления.

Бывают фиксированные и динамические приоритеты. Чаще всего фиксированные приоритеты называют дисциплиной обслуживания.

Дисциплина обслуживания задает порядок выбора заявок одинакового приоритета из очереди в освободившийся прибор. Выделим следующие основные дисциплины: FIFO (First Input – First Output): первым пришел – первым обслужен, RAND (Random): случайный выбор из очереди, LIFO (Last Input – First Output): последним пришел – первым обслужен. В быту обычно действует дисциплина FIFO. Дисциплина LIFO реализуется в буфере, организованном по принципу стека. Эта дисциплина может быть целесообразной, к примеру, при передаче информации (данных), если ее ценность со временем быстро падает.

В теории СМО важным является понятие случайного потока, как некоторой последовательности, наступающих в случайные моменты времени, событий.

Случайный поток может быть задан функцией распределения величины интервала (промежутка) времени между моментами наступления событий.

Отметим, что в пуассоновском потоке отсутствуют последствия. Если помимо этого выполняются условия ординарности и стационарности, то пуассоновский поток считается простейшим.

Известно, что для стационарного потока распределение зависит только от длительности интервала, и не зависит от его положения на оси времени. Отсутствие последствия говорит о независимости числа событий в неперекрывающихся интервалах. Свойство ординарности состоит в том, что вероятность появления больше одного события на бесконечно маленьком интервале имеет порядок малости выше, нежели вероятность появления одного события на этом же интервале.

С целью обозначения типа СМО Башариным и Кендаллом предложена система обозначений вида  $| | |$ . Здесь – обозначение закона распределения вероятностей для интервалов поступления заявок, – обозначение закона распределения вероятностей для времени, – число каналов обслуживания, – число мест в очереди. Законы обычно обозначаются буквами из следующего списка:

M – экспоненциальное,

R – равномерное,

$E^k$  – эрланговское порядка k,

G – произвольное (любого вида),

D – детерминированное (постоянная величина) и т.д.

Если число мест в очереди не ограничено, то позиция  $\infty$  не указывается. К примеру,  $M|M|1$  означает простейшую СМО – оба распределения экспоненциальные, канал обслуживания один, очередь не ограничена. Обозначение  $R|D|2|100$  означает СМО с равномерным распределением интервалов поступления требований, фиксированным временем их обслуживания, двумя каналами и 100 местами в очереди. В данной СМО заявки, приходящие в то время, когда все места в очереди заняты, теряются (т.е. покидают систему).

Например, используя математический аппарат теории СМО, можно вычислить зависимость времени передачи кадров от скорости работы Интернета без подключения к реальной сети. Подобные вычисления позволяют ответить на большое число вопросов, касающихся производительности сети. Становится понятным, каково среднее время задержки кадров на маршрутизаторе, как может повлиять рост скорости работы канала связи глобальной сети на величину этих задержек и при каких условиях рост скорости обмена информацией по каналам глобальной сети не приведет к существенному росту производительности моста/маршрутизатора.

Рассчитаем скорость обслуживания в сети.

Число станций – 300 (с учетом подключения резервных и дополнительных терминалов). Число кадров или транзакций от одной станции – 500. Режим работы 24 часа в сутки (круглосуточный). В ЧНН от всего числа передаваемых кадров передается 20%. Расчеты произведем для разных размеров кадра – 2000 байт и 160 байт.

В общем, через HUB в час проходит:

- при нормальном распределении  $N = 300 \cdot 500 / 24 = 6250$  кадров;
- при Гауссовском распределении  $N = 300 \cdot 500 \cdot 0.2 = 30000$  кадров.

Чтобы определить скорость поступления кадров, необходимо разделить полученные числа на 3600:

- при нормальном распределении  $6250 / 3600 = 1,736$  кадров в секунду;
- при Гауссовском распределении  $30000 / 3600 = 8,333$  кадров в секунду.

Для того, чтобы рассчитать скорость обслуживания, необходимо задать значение скорости работы глобальной сети. И при этом абсолютно неважно, насколько скорость обмена информацией по глобальной сети, взятая в качестве начального приближения, близка к оптимальной, потому что вычисления можно с легкостью повторить для другого значения скорости. Скорость обмена информацией равна 64 кбит/с. Необходимое время для передачи одного кадра длиной 2000 байт, составит 0,25 секунды.

Таким образом, ожидаемое время обслуживания равно 0,25 секунды. Далее получаем среднюю скорость обслуживания, взяв ее обратную величину, которая составляет всего лишь 4 кадра в секунду.

**Заключение.** Из вышеизложенных расчетов видим, что при Гауссовском распределении скорость поступления кадров превышает скорость обслуживания, что недопустимо. Таким образом, данный канал не справляется с поступающим трафиком.

Теперь рассчитаем время для передачи одного кадра длиной 160 байт.

$$1280 / 64000 = 0,02 \text{ (секунды)}.$$

Таким образом, ожидаемое время обслуживания равно 0,02 секунды. Далее получаем среднюю скорость обслуживания, которая составляет 50 кадров в секунду.

Из вышеизложенных расчетов видим, что скорость обслуживания превышает скорость поступления кадров. Таким образом, данный канал справляется с поступающим трафиком.

Найдем степень использования технических возможностей обслуживающего устройства (P) в одноканальной однофазной системе, поделив среднюю скорость поступления заказов на среднюю скорость обслуживания.

- при нормальном распределении  $P = 1,736 / 50 = 0,03472 = 3,5\%$ ;
- при Гауссовском распределении  $P = 8,333 / 50 = 0,16666 = 16,7\%$ .

Теперь, зная степень использования обслуживающего устройства, определим вероятность отсутствия обслуживаемых кадров (заказов) в данный момент времени. Обозначим эту вероятность как  $P_0$ . Она равна единице минус степень использования канала ( $P_0 = 1 - P$ ).

- при нормальном распределении  $P_0 = 1 - 0,03472 = 0,96528 = 96,5\%$ ;
- при Гауссовском распределении  $P_0 = 1 - 0,16666 = 0,83334 = 83,3\%$ ;

Применив данный метод расчета, мы определили, что при Гауссовском распределении нагрузки на канал его скорость должна составлять 64 кбит/с. Вероятность отсутствия кадров в системе – 83,3 %. Степень использования канала 16,7%.

### Литература

1. Яновский Г.Г. Качество обслуживания в сетях IP. // Вестник связи – 2008. – № 1.
2. Трещановский П.А. Оптимизация стохастической модели трафика для мультисервисных сетей. // Инженерный вестник Дона. – 2011. – № 3. – С. 1-8.
3. Crovella M., Krishnamurthy V. Internet Measurement: Infrastructure, Traffic and Applications. John Wiley&Sons, Ltd., 2006. – 495 p.

4. Деарт В.Ю., Пилюгин А.В., Маньков В.А. Оценка влияния реальных характеристик веб-трафика на качество обслуживания в мультисервисной сети доступа. / Т-Comm. Специальный выпуск по итогам 3-й отраслевой научной конференции «Технологии информационного общества» в 3-х частях. – М.: Медиа паблишер, 2009. – Ч.1. – С. 8-13.
5. C. Fraleigh, S. Moon, B. Lyles, C. Cotton, M. Khan, D. Moll, R. Rockell, T. Seely and C. Diot. Packet-level traffic measurements from the Sprint IP backbone. IEEE Network, 2003.
6. Маньков В.А., Пилюгин А.В. Особенности работы TCP в мультисервисных сетях ADSL доступа. // Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы» – М.: МТУСИ, 2009. – С. 15-21.
7. McDysan. QoS and Traffic Management in IP and ATM Networks. // McGraw-Hill. 2000.

### References

1. Yanovsky G.G. Quality of service in IP networks. // Bulletin of Communications – 2008. – No. 1.
2. Treshchanovsky P.A. Optimization of stochastic traffic model for multiservice networks. // Engineering Bulletin of the Don. – 2011. – No. 3. – pp. 1-8.
3. Crovella M., Krishnamurthy B. Internet Measurement: Infrastructure, Traffic and Applications. John Wiley&Sons, Ltd., 2006. – 495 p.
4. Deart V.Yu., Pilyugin A.V., Mankov V.A. Assessment of the impact of real characteristics of web traffic on the quality of service in a multiservice access network. / T-Comm. Special issue on the results of the 3rd Industry Scientific Conference "Information Society Technologies" in 3 parts. – Moscow: Media Publisher, 2009. – Part 1. – pp. 8-13.
5. C. Fraleigh, S. Moon, B. Lyles, C. Cotton, M. Khan, D. Moll, R. Rockell, T. Seely and C. Diot. Packet-level traffic measurements from the Sprint IP backbone. IEEE Network, 2003.
6. Mankov V.A., Pilyugin A.V. Features of TCP operation in ADSL multiservice access networks. // Proceedings of the conference "Telecommunication and Computing Systems" – Moscow: MTUCI, 2009. – pp. 15-21.
7. McDysan. QoS and Traffic Management in IP and ATM Networks. // McGraw-Hill. 2000.

**КЕМЕЛБЕКОВ Б.Ж.** – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

**БАЙМОЛДИН Г.А.** – магистрант (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

**ЖАҢАБАЕВ Д.М.** – магистрант (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

## ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН АНЫҚТАУ ЖАППАЙ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ТЕОРИЯЛАРЫ

### Аңдатпа

*ҚМҰ теориясы қызмет көрсететін құрылғының кірісіне белгілі бір ағын түрінде келетін және жалпы жағдайда қызмет көрсететін құрылғының кіреберісінде кезек құратын кейбір объектілерге қызмет көрсету процесін сипаттайтын математикалық модельдерді жасаумен және талдаумен тікелей байланысты.*

*Түйінді сөздер:* жаппай қызмет көрсету жүйесі, қызмет көрсету арналары, ақпараттық-коммуникациялық жүйелер, телефон желілері.

**KEMELBEKOV B.Zh.** – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**BAIMOLDIN G.A.** – master's student (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**ZHANABAEV D.M.** – master's student (Almaty, Kazakh university ways of communications)

## **DETERMINATION OF THE SERVICE SPEED USING QUEUING THEORIES**

### *Abstract*

*The theory of CFR is directly related to the development and analysis of mathematical models describing the process of servicing some objects that arrive at the input of the service device in the form of a certain stream, and in general forming a queue at the input of the service device.*

*Keywords: queuing system, service channels, infocommunication systems, telephone networks.*

UDC 336

**ZAMANBEKOV Sh.** – c.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

## **INDUSTRIAL AND INNOVATIVE POLICY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AS THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF ENGINEERING**

### *Abstract*

*The article considers innovative development, modernization and introduction of new engineering equipment of Kazakhstan for providing other industries of the Republic of Kazakhstan.*

*The current state of engineering is studied and the problems constraining its development are revealed. Great importance is attached to preferential development of priority directions of engineering and restructuring of operating machine-building enterprises, for this reason there are necessary resources and technologies in the country borrowed from foreign countries.*

*Possibility of using mechanism of state and private partnership for acceleration of innovative progress in engineering and release of the innovative production necessary for updating of technical equipment of production in branches of economy and increasing their competitiveness is considered in the article.*

*Keywords: diversification, modernization, innovation, priority, engineering, restructuring, capital renewals, investment, cluster, structure.*

The tasks of transition to industrial and innovative type of economic development, orientation to the strategy of supporting high technology productions, innovative sector and business are set in Kazakhstan. The basis is the Program for engineering development in the Republic of Kazakhstan for 2010-2014 and State program on forced industrial and innovative

development of the Republic of Kazakhstan for 2010-2014, approved by the resolution of the government of the Republic of Kazakhstan of April 14, 2010 No. 302 [1].

Much attention is paid to outstripping development of processing (first of all, high technology) branches, increasing of proportionality and balance of economic development, providing their stable growth on the basis of accelerated modernization of production in Kazakhstan.

The main priority of strategy of industrial and innovative development of Kazakhstan is development of non-raw branches of economy. Entry of Kazakhstan into the number of 30 most competitive developed countries of the world is chosen as a strategic priority of competitiveness and its criterion [2].

Priority criterion of attracting foreign and domestic investments into development of new productions can be characterized by a share of foreign and domestic investments into manufacturing industry in a total amount of investments.

The share of innovative and investment sector to export of Kazakhstan with CIS countries is essential and tends to rising. An outstripping growth of investments is accompanied by accelerated growth of import of investment equipment from developed countries. At the same time orders for this equipment to domestic engineering industry are given in limited quantity.

The main source of means for financing of innovative programs of industrial policy is the income from raw export. So, achievement of strategic objectives of restructuring demands, firstly, prevention of income leakage from raw export and, secondly, creation of effective mechanisms of their conversion in production investments.

In these documents innovation is defined as the major factor defining not only competitiveness of national economy, but its steady growth as well. Full use of this factor for ensuring further dynamic development of national economy is possible at carrying out purposeful innovative policy by the state which provides assistance and support to innovative activity of all managing subjects, engaged in development of production of essentially new types of production and technologies [3].

At the present stage the Republic of Kazakhstan is a dynamically developing country. Due to successful implementation of basic regulations of the program "Kazakhstan-2030" strategy, the country entered fifty competitive countries of the world ahead of schedule, having made breakthrough in its development, characteristic for the Central Asian leopard. It is confirmed by stable growth of economy of Kazakhstan for the 15<sup>th</sup> year period from the date of accepting this strategy which in some years reached 10%. In 2012 production of gross domestic product (GDP) per capita made more than US \$ 12 thousand [1]. For comparison we will notice that this indicator made only US \$ 700 in 1993. According to the forecast of social and economic development of Kazakhstan for 2013 the gross domestic product per capita will make more than US \$ 14 thousand, at general growth of national economy by 6% [2].

As a result of consecutive implementation of innovative policy on creating potentially competitive, including export-oriented productions in non-raw branches, and conditions for developing of science-intensive and high technology productions, Kazakhstan has considerably promoted for the last decade in its development and according to the results of 2012 was among fifty most competitive countries of the world [4].

At the present time raw branches are continuing to take a dominant position in a total amount of industrial production which share of production makes 70% of all country export, that testifies its low level of diversification of the domestic industry. In conditions of insufficient development of processing branch, a high share of raw materials in export trade is beneficial by the fact that fuel and raw component of economy brings in rather big income to the republic, necessary for investment of production in non-raw branches and overcoming in the next years their technological lag of the country from the developed countries of market economy by means of intensive development. While branches of manufacturing industry didn't come to the path of stable growth,

the income of raw export will continue to play an important role in formation of revenues of the state budget and provide a planned growth rates of gross domestic product (GDP).

Among processing industry engineering is distinguished by its difficult structure of producing final products, thanks to that it is considered a leading branch of economy of any country which creates conditions for its development. The range and quality of the products released by this branch make the technical basis of goods production and substantially define development of other branches of economy. Therefore engineering in the Republic of Kazakhstan is raised to the level of priority branches of processing sector of the economy and nowadays its development became a new starting point of industrial production growth of the country in connection with adoption of "Strategy of Kazakhstan-2050" [4].

Transition of the Republic of Kazakhstan to innovative way of development is necessary for activization of economic restructuring on the basis of implementation of its diversification and modernization as today it is the main keynote of economic development for industrially developed countries. For transition to such way of development the country has sufficient resource potential and necessary legal base of innovative activity which basis make Laws of the Republic of Kazakhstan "About state support of innovative activity", "About science" and a series of state programs on industrial innovative development, adopted for the last decade.

Engineering practically suspended its activity when mass privatization and rise in prices on food, metal, raw materials and fuel began in 1990s. Engineering plants except defensive became unprofitable, and most owners changed the type of their enterprises. As the country needed for machine-building production 80% was taken due to import. Nowadays Kazakhstan annually imports cars and equipment, transport facilities, devices and automated machines for nearly US \$ 17 mln. In its turn Kazakhstan exports forge-press equipment, metal-cutting machines, accumulators, centrifugal pumps, x-ray equipment. Internal needs of the country taking into account delivery for export machine-building products of domestic production are covered only for 20%. Thus machine-building production consumed within the country generally consists of the equipment, units and assemblies used for mining and metallurgical as well as oil and gas industry needs.

The main objective facing the machine-building complex consists in increasing the technological level of production, ensuring mechanization and automation of all stages of production, creating cars and mechanisms of new generation capable to provide frequent increase in labor productivity, introducing the progressive power – an d resource-saving technologies, etc.

Due to necessity of solving this task one can notice demand for developing machine-building branch of national economy for implementation of its modernization, and realization of the most important purpose of this branch connected with formation of innovative sphere of technical and technological potential for perspective growth of national economy branches and their future competitiveness. Proceeding from such purpose of branch, engineering has to take the first place in development of economy and improvement of its branch structure on the basis of diversification.

The range and quality of products produced by machine-building branch substantially determine development of other branches of economy on innovative basis. Therefore, in accordance with aforesaid state programs priority significance is given to innovative industrilization on development of engineering together with metallurgy and production of finished products. At its innovative development new samples of equipment and technologies are created, afterwards they are introduced into production and increase competitiveness of manufacturing capacities of the enterprises and products produced by them [5].

At the present time less than 5% of industrial and production fixed assets (further IPFA), fall on the share of a machine-building complex and only 1,9% of investment volume fall on fixed capital of industrial purpose and about 1% of the cost of annually introduced IPFA, 13% of the total number of industrial and production personnel, degree of wear and tear reached 60%, including their active part – 80-90%. On the majority of enterprises an updating ratio of fixed assets makes 1-3%, and ratio of their retirement reaches 9,6%. Therefore IPFA cost for the last

years is annually reduced by 7-8%, the share of products of Kazakhstani production inside republican market of machine-building production makes about 20%, other 80% is settled at import expense. In developed countries the share of machine-building complex makes more than 1/3 of total amount of industrial output, and in Kazakhstan – 3,1% [6].

In conditions of innovative development of economy for domestic engineering it is very important to borrow machinery and technology made by the developed countries, which import costs cheaper to the country than their development. It gives the country benefit in the form of economy of monetary means and time assigned for structural readjustment of engineering and implementation of its modernization production.

Today the only rational way of restructuring modernization of production in engineering is the use of foreign technologies and experience for creation of our own model of development in this branch, effective by price-quality criterion, service and maintainability costs in conditions of Kazakhstan.

One of the instruments of innovative policy implementation was cluster approach which allowed production companies steadily carry out an innovative activity directed at use of scientific researches and development of innovations, demanded by the market [7]. The innovative policy based on such approach caused high-quality changes in the reproduction process, connected with integration of science, business and education opportunities that finally led to creation and development of industrial organizations called clusters in branches of national economy and its regions [8, 9].

Cluster represents a network industrial group of close, geographically interconnected companies and organizations cooperating with them, which are mutually operating in a certain type of business (production) and activities which are characterized by common activity and relationship with each other. For the first time cluster was introduced into scientific and practical use by M. Porter with definition as "a group of geographically adjoining and cooperating companies and organizations operating in the certain sphere, characterized by community of activity and mutually supplementing each other" [10].

The first clusters of oil and gas engineering in the republic were established in the territory of West Kazakhstan and Atyrau regions and under the name "Metallurgy and Metal working" in mining and metallurgical branch of Karaganda region which are successfully functioning, confirming advantages of developing branches on a cluster basis. Such formations in the form of clusters have positive impact not only on activity of the enterprises included in them, but also on the region and country's economy as a whole, as cluster provides close interaction of enterprise structures, higher education institutions and scientific centers, public organizations, administrative establishments, etc. As practice of cluster work shows, consolidation of efforts of structural subdivisions create necessary conditions for developing of innovative activity, increasing flexibility and mobility of companies, raising competitiveness and market stability.

In order to fix positive tendencies in national economy development in recent years it is necessary to carry out clustering of its leading branch – engineering on the basis of developing its concept which is adequately responsible for developing conditions of innovative development of this branch during modern period [11].

Necessity and expediency of creating such concept is to show character, direction and scales of taken and realized measures taken by innovative policy of the state concerning engineering and its priority directions. At the same time the concept of engineering clustering is necessary for creation and use of new favorable opportunities for its development on the basis of conducting constructive and effective dialogue between related companies of this branch, their suppliers, with the government, and other institutes, coordinations of their actions on mutual improvement of their connections in common interests of a cluster.

Expected general result of cluster realization is creation of competitive machine-building branch in the country and ensuring its priority development as the basis of technological base of stable and steady growth of the economy of Kazakhstan.

Carrying out the structure of engineering by optimization stipulates transfer of this branch for a new resource-saving, high technology and ecologically reasonable model of functioning for ensuring competitiveness of machine-building enterprises.

Thus much attention is paid to creation of conditions for outstripping development of priority branches of engineering which growth dynamics depends on degree of self-sufficiency of the country by machine-building production, including innovative production replacing import one. In this regard special importance is given to restructuring of operating machine-building enterprises directed at equipping their production by high-productive machinery and equipment providing reduction of power and material consumption of production as well as increasing its qualitative characteristic [12].

Optimization of branch engineering structure of Kazakhstan needs to be accompanied by the process of improving this structure by means of creating and developing new types of production of innovative products. In Kazakhstan for this purpose there are necessary resources and technologies borrowed from foreign countries. For example, there is only sheet steel and qualitative copper in the republic that allows to organize production of electric motors. In Kazakhstan processing of hydrocarbonic raw materials is limited with oil and gas operation without further effective use of petrochemical raw materials. Having organized deep processing of these raw materials it is possible to build up production of plastic details for machine equipment. Kazakhstan also has opportunity to organize production of machinery for nuclear power by creating joint ventures with foreign partners on the basis of effectively operating enterprises in the territory of the republic.

Development of domestic engineering on the basis of its priority directions has to be based on optimization of intersectoral effects, initiated by innovative and technological re-equipment. Methods of development and implementation of innovative programs within intersectoral complexes are directed at coordinated and balanced development of production device and on the basis of innovative technologies release of competitive production by all technological chain. The use of these methods will allow to form the direction of industrial policy in the field of mechanical engineering focused on creation of effectively working intersectoral complexes with participation of this branch as a basis of innovative and technological re-equipment of industry branches.

As a result of carrying out industry program for engineering development in the Republic of Kazakhstan for 2010-2014, which was developed within the Program of forced innovative industrialization, 56 innovative projects in machine-building branch will be developed and most of them have already been launched in engineering.

*Priority directions in creating the machine-building clusters of the Republic of Kazakhstan are:*

- tractor and agricultural engineering, including production of equipment and spare parts for the branches which are engaged in processing of agricultural production;
- transport engineering, including production of tanks, cars, equipment for carrying out railway works, containers, parts of track structure, equipment and spare parts for railway transport;
- engineering for oil and gas extraction and oil and gas processing industry;
- production of the equipment for mining and metallurgical complex;
- motor-vehicle industry;
- electronic and household engineering.

A change over of national economy to industrial and innovative development, activation of work on carrying out its structural adjustment and restructuring of operating enterprises for the purpose of phasing-out of outdated production and adjustments of essentially new or modified production demand strengthening of the state's role which coordinates at the state level interaction of state-private partnership, provides coherence of national, branch and regional priorities of development, concentration of resources on priority directions.

## References

1. State program on forced industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan for 2010-2014. Confirmed by Decree of the President of the Republic of Kazakhstan, of March 19, 2010, No 958.
2. The message of the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan "Kazakhstan way – 2050: Common purpose, common interests, common future" – Astana, January 17, 2014.
3. A New Economy. The Changing Role of Innovation and Information Technology in Growth. Paris, OECD, 2000.
4. The message of the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan "Kazakhstan – 2050" a new political policy of the state" – Astana, 2012.
5. The center of problem research development of the Russian Academy of Sciences of the Russian Federation "National innovative systems in Russia and EU" – Moscow, 2006.
6. Industry of Kazakhstan and its regions / Statistical collection. – Astana, Agency of the Republic of Kazakhstan on statistics, 2012. – 230 p.
7. Humphrey J., Schmitz H. Governance and Upgrading: Linking Industrial Cluster and Global Value Chain Research. IDS Working Paper No. 120, 2000.
8. Klevin A.N., Mitin S.T. About problems of restructuring machine-building complex. // Industry of Russia, №. 3 March, 1999.
9. Palterovich D.M. Planning of technical reequipment of production. – M.: Economy, 1982. – 232 p.
10. Porter M.E. The Competitive Advantage of Nations: With a New Introduction. N.Y.: The Free Press, 1990, Palgrave Tenth Edition, 1998.
11. David P., Foray D. Assessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base. OECD, STI Review, 1995, No 16.
12. Economic approaches to innovation / Ed.: S. Dowrick. – Aldershot; El gar, 1995.

**ЗАМАНБЕКОВ Ш. – э.ғ.к., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

## ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ИНДУСТРИЯЛЫҚ-ИННОВАЦИЯЛЫҚ САЯСАТЫ МАШИНА ЖАСАУДЫ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ МЕН ЖАҢҒЫРТУДЫҢ НЕГІЗІ РЕТІНДЕ

### Аңдатпа

*Инженерлік істің қазіргі жағдайы зерттеліп, оның дамуын тежейтін проблемалар анықталды. Машина жасаудың басым бағыттарын дамытуға және қолданыстағы машина жасау кәсіпорындарын қайта құрылымдауға үлкен мән беріледі, осы себепті елде шет елдерден алынған қажетті ресурстар мен технологиялар бар.*

*Мақалада машина жасаудағы инновациялық прогресті жеделдету және экономика салаларында өндірістің техникалық жарақтандырылуын жаңарту және олардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін қажетті инновациялық өнімдерді шығару үшін мемлекеттік-жекеменшік әріптестік тетігін пайдалану мүмкіндігі қарастырылады.*

**Түйінді сөздер:** *әртараптандыру, жаңғырту, инновация, басымдық, инжиниринг, қайта құрылымдау, капиталды жаңарту, инвестициялар, кластер, құрылым.*

**ЗАМАНБЕКОВ Ш. – к.э.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

**ИНДУСТРИАЛЬНО-ИННОВАЦИОННАЯ ПОЛИТИКА РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

***Аннотация***

*В статье рассматривается инновационное развитие, модернизация и внедрение нового инженерного оборудования для обеспечения других отраслей промышленности Республики Казахстан.*

*Изучено современное состояние инженерного дела и выявлены проблемы, сдерживающие его развитие. Большое значение придается преимущественному развитию приоритетных направлений машиностроения и реструктуризации действующих машиностроительных предприятий, по этой причине в стране имеются необходимые ресурсы и технологии, заимствованные из зарубежных стран.*

*В статье рассматривается возможность использования механизма государственно-частного партнерства для ускорения инновационного прогресса в машиностроении и выпуска инновационной продукции, необходимой для обновления технической оснащенности производства в отраслях экономики и повышения их конкурентоспособности.*

**Ключевые слова:** *диверсификация, модернизация, инновации, приоритет, инжиниринг, реструктуризация, обновление капитала, инвестиции, кластер, структура.*