

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Развитие технических наук  
в современном мире**

**Выпуск V**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 декабря 2018 г.)**

**г. Воронеж**

**2018 г.**

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки  
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

УДК 62(06)  
ББК 30я43

**Развитие технических наук в современном мире./** Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 5. **г. Воронеж**, – НН: ИЦРОН, 2018. 43 с.

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г. Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З.(г. Магнитогорск), доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г. Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г. Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н.(Франция, г. Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам V Международной научно-практической конференции **«Развитие технических наук в современном мире»**, г. **Воронеж** представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

© ИЦРОН, 2018г.  
© Коллектив авторов

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)</b> .....	5
<b>СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)</b> .....	5
<b>СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)</b> .....	5
<b>СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)</b> .....	5
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА БИОГАЗА С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА Плотников С.А., Шипин А.И.....	5
<b>СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)</b> .....	7
<b>СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)</b> .....	7
<b>СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)</b> .....	7
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АНОДНОГО ГАЗА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В АНОДНОМ КОЖУХЕ БЛОЧНОГО САМООБЖИГАЮЩЕГОСЯ АНОДА Дектерев А.А. <sup>1,2</sup> , Минаков А.В. <sup>1,2</sup> , Шахрай С.Г. <sup>2</sup> , Необъявляющий П.А. <sup>1,2</sup> , Шарыпов Н.А. <sup>2</sup> .....	8
<b>СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)</b> .....	11
АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНЗИТНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Изтелеуова М.С., Абжапбарова А.Ж., Мусалиева Р.Д. ....	11
ВЫЯВЛЕНИЕ МЕСТ С НАИБОЛЬШЕЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ДТП НА ГОРНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ БАЛЫКЧЫ-НАРЫН-ТОРУГАРТ Молдалиев Э.Д.....	16
<b>СЕКЦИЯ №9. АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)</b> .....	20
<b>СЕКЦИЯ №10. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)</b> .....	20
<b>СЕКЦИЯ №11. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)</b> .....	20

<b>СЕКЦИЯ №12.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)</b> .....	20
<b>СЕКЦИЯ №13.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)</b> .....	20
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ</b>	
<b>ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА</b>	
Семикова Н.И. ....	21
<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)</b> .....	27
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)</b> .....	27
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА,</b>	
<b>ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)</b> .....	27
<b>ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ОХРАНЕ</b>	
<b>ТРУДА</b>	
Горина Н.П., Маринин С.Ю. ....	27
<b>INFLUENCE OF MCC ON THE ECOLOGY OF MOSCOW</b>	
Давыдова Е.А. ....	28
<b>О МОНИТОРИНГЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХ</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА</b>	
Онегова К.В., Маринин С.Ю. ....	29
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)</b> .....	31
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ</b>	
<b>КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)</b> .....	31
<b>О ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ОТ НАСЫЩЕННОСТИ</b>	
<b>ФРОНТА РАБОТ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ</b>	
Ундозеров В.А. ....	31
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)</b> .....	36
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)</b> .....	36
<b>АНАЛИЗ ОДНОЭТАПНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ</b>	
<b>КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ</b>	
Барашков В.М., Задорина Н.А., Царева А.А. ....	37
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД</b> .....	41

## **СЕКЦИЯ №1.**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

## **СЕКЦИЯ №2.**

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

## **СЕКЦИЯ №3.**

**ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

## **СЕКЦИЯ №4.**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА БИОГАЗА С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА**

**Плотников С.А., Шипин А.И.**

**(Плотников С.А. – д.т.н., профессор кафедры технологии машиностроения;  
Шипин А.И. – аспирант кафедры машин и технологии деревообработки)**

**ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, РФ**

На современном этапе развития науки и техники двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются основным видом источника энергии для большинства мобильных и стационарных установок. На их долю приходится порядка 80% всей вырабатываемой в мире механической энергии. Известно, что ДВС являются одними из основных потребителей моторных нефтяных топлив, которые относят к невозобновляемым ресурсам. Учитывая тенденции увеличения потребления нефтепродуктов при сокращении запасов нефти на Земле, особо остро проявляется проблема повышения топливной экономичности.

В то же время, биогаз – одно из перспективных альтернативных топлив [4]. Биогаз – общее название горючей газовой смеси, возникающей при разложении органических субстанций в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения). Его основные компоненты: метан ( $\text{CH}_4$ ) – 55-70% и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) – 30-45%, а также в очень малых количествах, около 1%, другие газы, чаще всего – водород ( $\text{H}_2$ ) и сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), удаляемый в биогазовой станции как нежелательный. Средняя теплота сгорания биогаза, содержащего около 60% метана  $\text{CH}_4$ , равна 22 МДж/м<sup>3</sup>. Учитывая, что горючая часть биогаза состоит из метана  $\text{CH}_4$  (температура воспламенения метана около 645°C), его причисляют к семейству природных газов.

Полученный на биогазовых установках биогаз, может быть использован в качестве моторного топлива транспорта, для питания двигателей внутреннего сгорания стационарных установок различного назначения, обогрева зданий и сооружений, в качестве бытового газа. При этом на биогаз могут быть конвертированы как бензиновые двигатели с принудительным воспламенением рабочей смеси, так и дизельные двигатели. Однако сжигание биогазового топлива в дизельных двигателях при высоких степенях сжатия и повышенных коэффициентах избытка воздуха более эффективно, чем в двигателях с принудительным воспламенением.

В ВятГУ ведутся работы по использованию альтернативных топлив на транспорте. С этой целью, в сотрудничестве с ООО «СельхозБиоГаз», г. Киров, были проведены исследования состава биогаза.

Компания «СельхозБиоГаз» занимается разработкой и производством оборудования для переработки органического сырья и отходов предприятий. Эффективные технологии переработки отходов применимы для ферм КРС, птицефабрик, свиноферм, очистных сооружений, овощебаз, спиртзаводов, сахароперерабатывающих заводов. В ходе работы оборудования, подготовленные отходы преобразуются в биогаз и биологические удобрения.

В основе биогазовой технологии лежит процесс биохимической и термической обработки предварительно подготовленных отходов в бескислородной среде под влиянием определенных видов бактерий. Органические соединения (белки, жиры, углеводы), которые присутствуют в биомассе, начинают распадаться на простейшие органические соединения (аминокислоты, сахара, жирные кислоты) под действием гидролитических ферментов.

В результате использования биогазовой технологии получается биогаз, содержащий до 70% метана и жидкий эффлюент.

Биогаз можно использовать для получения тепловой или электрической энергии. Путем удаления двуокси углерода  $CO_2$  и прочих примесей, биогаз можно преобразовать в биометан и использовать в качестве моторного топлива.

Эффлюент применяется в качестве органического удобрения, при необходимости с помощью сепаратора делится на твердую и жидкую фракции.

Внешний вид экспериментального биогазового реактора производства ООО «СельхозБиоГаз», используемого в ПСПК «Истобенский» (с. Истобенск Оричевского района Кировской области) представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Биогазовый реактор производства ООО «СельхозБиоГаз».

Компонентный состав биогаза определяется по ГОСТ 14920-79 «Газ сухой. Метод определения компонентного состава». Сущность метода заключается в газожидкостной и газоадсорбционной хроматографии газа с использованием детектора по теплопроводности. Углеводороды  $C_1 - C_5$ , двуокись углерода  $CO_2$  и сероводород  $H_2S$  разделяют методом газожидкостной хроматографии. Неуглеводородные компоненты (водород  $H_2$ , кислород  $O_2$ , азот  $N_2$ , окись углерода  $CO$ ) и метан  $CH_4$  разделяют методом газоадсорбционной хроматографии.

Примерный состав биогаза после системы очистки, входящей в комплекс перерабатывающего оборудования, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Компонентный состав биогаза

Наименование компонента	Формула	Молярные доли, %	Массовые доли, %	Площадь, у.е.
Сероводород	$H_2S$	0,0000	0,0	0,0
Кислород	$O_2$	1,3881	1,7149	407,9
Азот	$N_2$	5,8881	6,3419	1650,0
Метан	$CH_4$	61,1161	37,895	14305
Двуокись углерода	$CO_2$	31,6161	54,01	7688,6
Пропан	$C_3H_8$	0,0018	0,0031	77,665
<i>i</i> -бутан	$i-C_4H_{10}$	0,0010	0,0023	58,154
<i>n</i> -бутан	$n-C_4H_{10}$	0,0024	0,0055	138,21

<i>i</i> -пентан	<i>i</i> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0014	0,0041	100,74
<i>n</i> -пентан	<i>n</i> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0015	0,0046	113,32
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,0055	0,0182	453,78
Сумма:		100,00	100,00	24993

Также по компонентному составу и известным физическим величинам чистых компонентов, в соответствии с ГОСТ 22667-82 «Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе», были рассчитаны параметры биогаза. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика биогаза по ГОСТ 22667-82.

Свойства газа	T=20 °C	Размерность
Относительная плотность	0,8944	б.р.
Низшая теплота сгорания	4881,5	Ккал/м <sup>3</sup>
Число Воббе низшее	5161,5	Ккал/м <sup>3</sup>
Высшая теплота сгорания	5419,7	Ккал/м <sup>3</sup>
Число Воббе высшее	5730,5	Ккал/м <sup>3</sup>
Коэффициент сжимаемости	0,9974	б.р.

Выводы:

1. Компонентный состав исследуемого газа удовлетворяет средним показателям биогаза, указанным в различных источниках.
2. Возможно применение биогаза в качестве добавки к моторному топливу.
3. Окончательные результаты могут быть сделаны на основе стендовых испытаний.

#### Список литературы

1. Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Карташевич А. Н., Зубакин А. С. Определение количественных характеристик двигателя бытовой электростанции при использовании генераторного газа в качестве альтернативного топлива // Проблемы региональной энергетики. 2017. № 2 (34). С. 105-111.
2. Плотников С. А., Черемисинов П. Н., Карташевич А. Н., Бирюков А. Л. Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 1 (25). С. 110-118.
3. Система питания двигателя внутреннего сгорания генераторным газом. С.А. Плотников и др. // Патент на изобретение RU 2605870 от 11.09.2015.
4. Sridhar, G., Paul, P.J, Mukunda, H.S., Biomass derived producer gas as a reciprocating engine fuel-an experimental analysis, Biomass and Bioenergy, 21,61-72, 2001
5. <https://shbiogaz.ru> (дата обращения 19.11.2018).

#### СЕКЦИЯ №5.

#### ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

#### СЕКЦИЯ №6.

#### ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

#### СЕКЦИЯ №7.

#### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АНОДНОГО ГАЗА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В АНОДНОМ КОЖУХЕ БЛОЧНОГО САМООБЖИГАЮЩЕГОСЯ АНОДА

Дектерев А.А.<sup>1,2</sup>, Минаков А.В.<sup>1,2</sup>, Шахрай С.Г.<sup>2</sup>, Необъявляющий П.А.<sup>1,2</sup>, Шарьпов Н.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск;

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

В статье представлены результаты математического моделирования движения анодного газа в анодном кожухе алюминиевого электролизера с блочным самообжигающимся анодом, а также распределения тепловых потоков в блочном самообжигающемся аноде.

На основании полученных данных авторами разработано техническое решение по снижению потерь теплоты электролизера путем тепловой изоляции верха блочного самообжигающегося анода, а также определена наиболее рациональная схема отвода анодных газов от электролизера.

На прианодном газовом слое электролизера с самообжигающимся анодом потери напряжения составляют 600 – 800 мВ и более, а удельный расход электроэнергии на компенсацию этих колеблется от 1200 до 1400 кВт·ч/т Al [1]. Разделение самообжигающегося анода в цельном анодном кожухе на отдельные блоки [2] позволяет сократить удельный расход электроэнергии на преодоление сопротивления газового прианодного слоя на 520 – 870 кВт·ч/т Al [3], что составляет 3 – 5 % от общего расхода электроэнергии на производство тонны алюминия. Разделение анода на отдельные блоки также позволяет изменить схему отвода анодных газов от электролизера, непосредственно из анодного кожуха в горелку и далее в систему газоудаления. При этом изменяется и распределение тепловых потоков в аноде.

В рамках математического моделирования движения анодного газа рассмотрено три схемы его отвода: через один патрубок, расположенный в центре торца анодного кожуха; через два патрубка, расположенные в центрах торцов анодного кожуха; через два патрубка, расположенные в углах анодного кожуха по его диагонали.

При отводе анодных газов через один патрубок в зазоре между анодными блоками наблюдается давление до 200 Па (рис. 1,а), что может ухудшить условия схода газовых пузырей из-под анода и таким образом свести к нулю энергетический эффект от разделения анода на отдельные блоки. Обусловлено это относительно высокими скоростями газового потока в районе газоотводящего патрубка, достигающими 1,3 – 1,5 м/с (рис. 1,б), создающими большое сопротивление отводу анодных газов в систему газоудаления. Таким образом, удаление анодных газов через один патрубок, расположенный в центре торцевой стороны анодного кожуха является нецелесообразным.

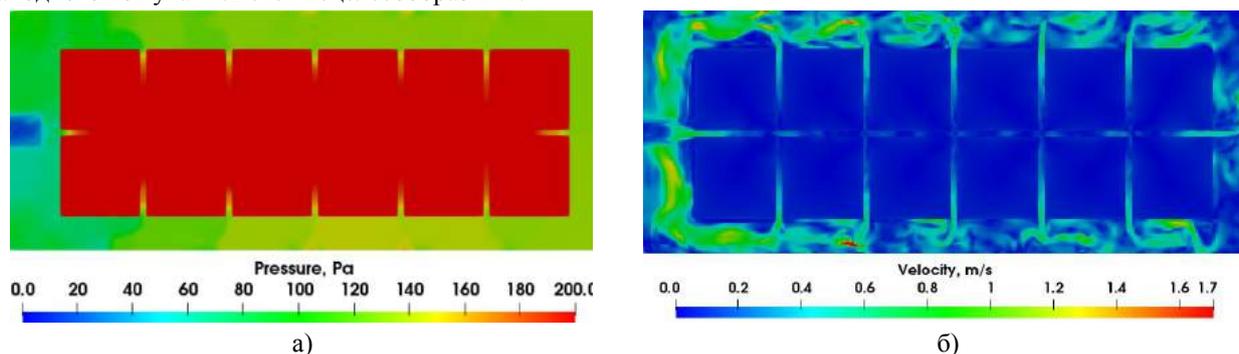


Рис. 1. Поле давлений (а) и скоростей (б) при отводе анодных газов через один патрубок, расположенный в центре торцевой стороны анодного кожуха

Аналогичная картина наблюдается и при отводе анодных газов через два патрубка, расположенные по середине торцевых сторон анодного кожуха. В этом случае давление анодных газов и их скорость в районе газоотводящих патрубков на 25 – 30 % ниже (рис. 2 а, б), чем при отводе газов через один патрубок. Однако и этот результат нельзя считать удовлетворительным.

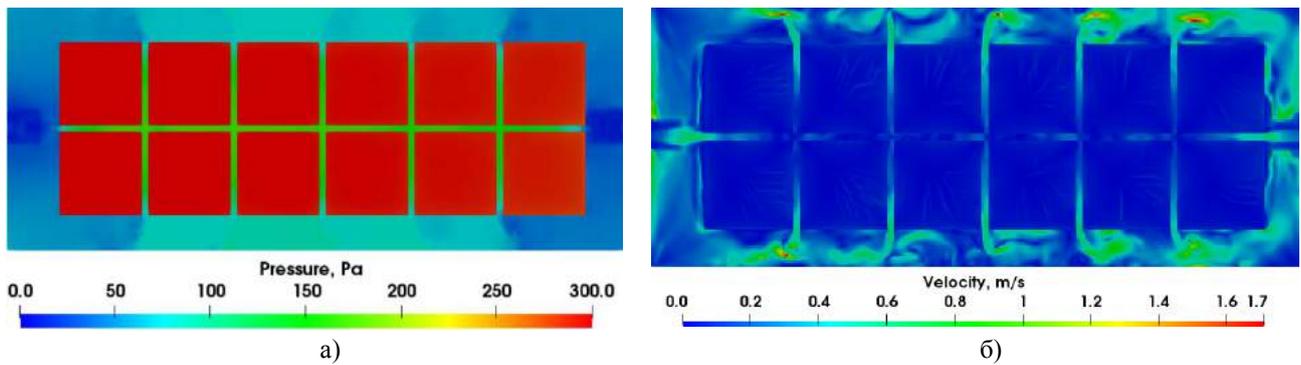


Рис. 2. Поле давлений (а) и скоростей (б) при отводе анодных газов через два патрубка, расположенные в центре торцевых сторон анодного кожуха

Высокое сопротивление отводу газов через один или два патрубка в торцевых сторонах анодного кожуха обусловлено тем, что при входе в прямую трубу поток обтекает кромку входного отверстия и при его недостаточной закругленности поток по инерции отрывается вблизи входа от внутренней поверхности. Этот отрыв потока и вызванное им вихреобразование являются основными причинами возникновения высокого сопротивления отводу анодных газов [4].

Наиболее рациональным представляется отвод газов через патрубки, расположенные в углах анодного кожуха по его диагонали (рис. 3 а, б). В этом случае давление анодных газов в анодном кожухе в 2 – 4 раза, а скорость в 2 – 3 раза ниже, чем при отводе газов по вышерассмотренным вариантам.

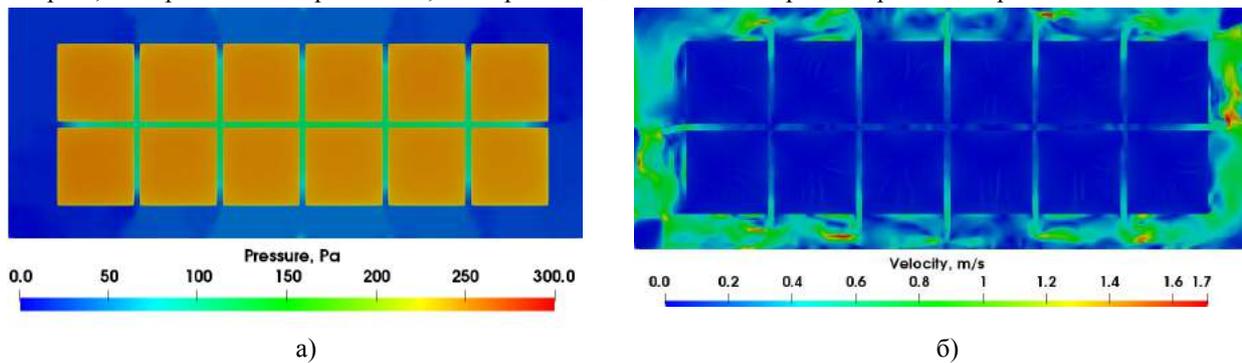


Рис. 3. Поле давлений (а) и скоростей (б) при отводе анодных газов через два патрубка, расположенные в центре торцевых сторон анодного кожуха

Обусловлено это уменьшением вихреобразования потока на его входе в патрубки, расположенные в углах анодного кожуха.

При эксплуатации блочного самообжигающегося анода возрастает интенсивность тепловых потоков через верх анода. Если при эксплуатации моноблочного анода температура на его поверхности не превышает  $80^{\circ}\text{C}$ , где загружаемая в электролизер анодная масса находится в твердом состоянии, то температура на поверхности блочного анода находится в диапазоне  $150 - 200^{\circ}\text{C}$  (рис. 4), что относится к зоне интенсивного выделения летучих [5].

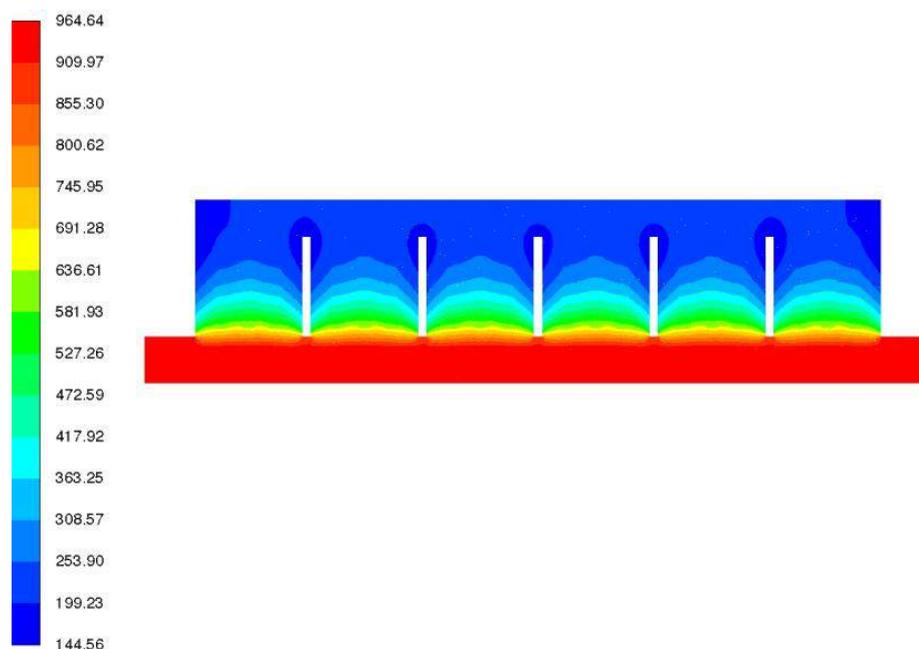


Рис. 4. Поле температур блочного самообжигающегося анода

Следовательно, эксплуатация блочного анода, с одной стороны, увеличит эффективность сбора анодных газов в анодном кожухе, по сравнению с электролизерами, оборудованными газосборным колоколом, с другой стороны, увеличит выбросы смолистых веществ за счет их интенсивного испарения с поверхности анода и удельный расход электроэнергии, связанный с компенсацией потерь теплоты через верх анода. Для решения перечисленных проблем предложена конструкция анодного кожуха с двумя горизонтальными перегородками с окнами, где пространство между горизонтальными перегородками заполнено теплоизолирующим материалом [6].

#### Результаты и выводы

Эксплуатация блочного самообжигающегося анода позволяет исключить из системы газоудаления газосборный колокол и организовать отвод анодных газов непосредственно от анодного кожуха алюминиевого электролизера. Оборудование анодного кожуха тепловой изоляцией в соответствии с предлагаемым техническим решением позволяет снизить потери теплоты электролизером через верх анода до уровня, равного или меньшего уровню потерь теплоты электролизером через верх моноблочного анода.

*\*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта №17-48-240595 p\_a.*

---

#### Список ссылок на источники

- <sup>1</sup>. Yiwen Zhou, Jiemin Zhou, Jianhong Yang and [etc.]. Simulation of anode bubble: volume of fluid method // Light Metals, 2014, p. 783-788.
- <sup>2</sup>. Шахрай С.Г., Дектерев А.А., Скуратов А.П. и [др.]. Электролизер для получения алюминия. Патент РФ №2657395, заявл. 03.07.2017, опубл. 13.06.2018. Бюл. №17.
- <sup>3</sup>. Шахрай С.Г., Дектерев А.А., Скуратов А.П. и [др.]. Повышение энергетической эффективности электролизера с самообжигающимся анодом // Металлург, 2018. №9. С. 79-83
- <sup>4</sup>. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
- <sup>5</sup>. Лакерник М.М., Севрюков Н.Н. Металлургия цветных металлов. М.: гос. науч.-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1957. 535 с.
- <sup>6</sup>. Шахрай С.Г., Дектерев А.А., Скуратов А.П. и [др.]. Электролизер для получения алюминия. Заявка на патент РФ № 2018129274 от 09.08.2018.

**СЕКЦИЯ №8.  
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

**АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНЗИТНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Изтелеуова М.С., Абжапбарова А.Ж., Мусалиева Р.Д.**

г. Алматы, Казахстан

**Аннотация.** В статье исследованы сущность и значение транзитного потенциала Республики Казахстан, представлено состояние транспортного комплекса страны, приведены предпосылки использования транзитного потенциала, представлены крупные проекты, выполняемые для повышения эффективности транзита, рассмотрены тенденции развития железнодорожного транспорта, основные направления совершенствования транспорт-но-логистической инфраструктуры.

**Ключевые слова:** социально-экономическая модернизация, транспортный транзит, транспортно-логистическая система, логистическая инфраструктура

Географическое расположение Республики Казахстан обуславливает ее значение в плане обеспечения транзитных грузопотоков, что требует оптимизации технологии перевозки грузов. Одним из наиболее эффективных способов доставки грузов в международном сообщении является развитие контейнерных перевозок.

Мировая практика показывает, что низкие объемы торговли являются результатом высоких издержек при ведении торговых операций, среди них существенный процент занимают транспортные расходы, процедура оформления документов, пересечение границ, состояние инфраструктуры и организации перевозок. Все это в понятии торговли является издержками логистики. Опыт успешных моделей развития ряда развитых европейских стран показывает, что развитие транзита приносит значимый доход их бюджет. Например, в Голландии, являющейся транзитным перекрестком Европы, доход от транзита составляет до 40% от общего объема экспортных услуг.

Существенным условием для развития транзита в Казахстане является увеличение грузооборота между Европой и Китаем, который в настоящее время развивает транспортную стратегию «Большой скачок». Программа предусматривает развитие западных регионов Китая, а также транспортной инфраструктуры, в том числе ввод новых железнодорожных веток к свободной экономической зоне «Хоргос».

В обеспечении конкурентоспособности транзитных услуг мировой тенденцией является переход на контейнеризацию перевозок грузов. На нижеприведенных рисунках 1-3 представлена динамика контейнеропотока, перевозимого через Республику Казахстан в разных направлениях.

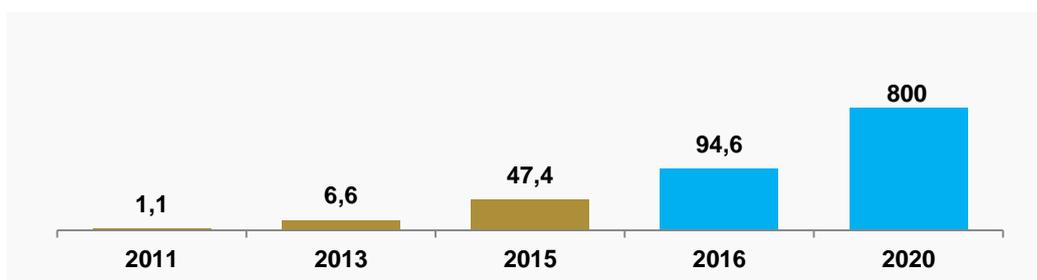


Рисунок 1 – Контейнерные перевозки в направлении Китай-Европа-Китай (тыс ДФЭ)

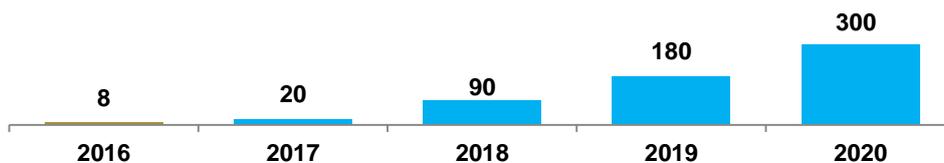


Рисунок 2 - Контейнерные перевозки к в направлении Китай-Кавказ-Турция (тыс ДФЭ)

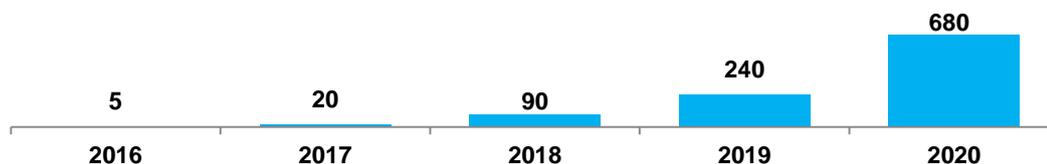


Рисунок 3 - Контейнерные перевозки в направлении Китай-Восточная Европа – Россия – Иран Индия (тыс ДФЭ)

Как видно из диаграмм, наблюдается тенденция к росту объема перевозок контейнеров. Вследствие этого возникает потребность в развитии транспортно-логистических услуг, соответственно реализации различных проектов для совершенствования транспортной инфраструктуры.

Транспортной стратегией Казахстана предусмотрена реализация к 2020г увеличение объема транзита в сравнении с 2010г вдвое, что фактически обеспечивает ему роль «транзитного ХАБа» как части Трансазиатской железнодорожной магистрали

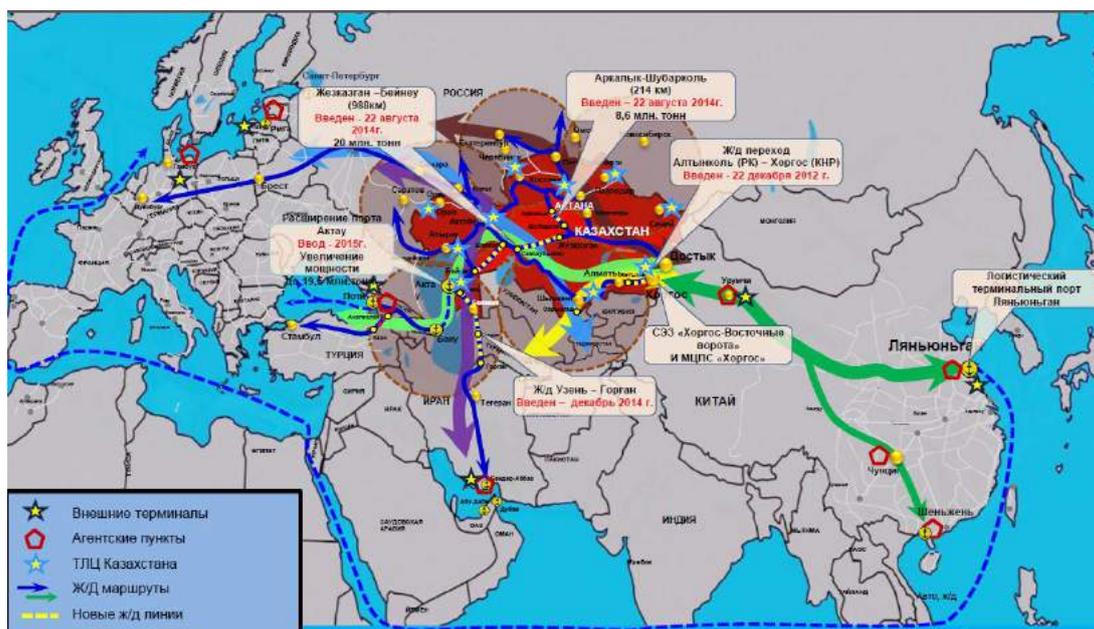


Рисунок 4 - Основные направления развития транспортной инфраструктуры Казахстана

В таблице 1 представлены крупные проекты, выполняемые для увеличения эффективности транзита через территорию Казахстана[1]

Таблица 1 – Логистические проекты с использованием внутренней и внешней инфраструктуры для развития транзитного потенциала РК

Наименование проекта	Срок выполнения	Характеристика и содержание проекта
Строительство ж/д линии Хоргос–Жетыген	2011г	Протяженность линии -293 км; стоимость – \$941,9 млн. прогнозный объем перевозок к 2020 г 7 млн. т.
Строительство ж/д линии Узень-Горган	2011г	Протяженность линии – 929 км. стоимость – \$398,6 млн. Объем перевозок к 2020 г 7 млн.т.
Строительство автомобильной магистрали «Западная Европа – Западный Китай»	2015 г	Протяженность линии- 2787 км Стоимость - \$5 600,1 млн.
Строительство ж/д линии Жезказган-Бейнеу	2016г	Протяженность линии – 988 км. стоимость - \$2 209,4 млн. Прогноз транзита из Китая в Европу к 2020 г составит 7 млн. т. (700 тыс. ДФЭ) Распределение на Актау 5 млн. т
Расширение морского порта Актау в северном направлении	2016г	Основные объекты строительства: - 3 грузовых причала (520 м.) - Зерновой терминал (60 000 т.) - Контейнерная площадка (30 000 т.) стоимость – \$125 млн Прогнозный объем перевалки в 2020 г.– 16,5 млн.т.
Строительство ж/д линии «Боржакты-Ерсай» и паромного комплекса в п. Курык	2016г	Железнодорожная линия «Боржакты – Ерсай», протяженностью 13,9 км. Прогнозный грузопоток: 8 млн. тонн к 2018 году
Создание и комплексное развитие СЭЗ «Хоргос – Восточные ворота»	2020г	Проект направлен на создание современной инфраструктуры для производства и продвижения экспорта товаров, привлечения дополнительного транзитного грузопотока Стоимость– \$3 531,8 млн. - Планируемый объем грузопотока к 2020 году: - ж/д транспортом – 7 млн.тонн,автотранспортом - 1,5 млн. тонн.
«Достык – Зеленый Коридор»	2016г	Инженерно-технические мероприятия по увеличению пропускной способности станции Достыкиприлегающих участков Результаты проекта: <ul style="list-style-type: none"> <li>• рост доходов от транзита;</li> <li>• внедрение наилучшей практики прохождения грузов;</li> <li>• клиентоориентированность транспортно-логистической системы РК.</li> </ul>

Строительство терминала в порту Ляньюньган (КНР)	2014г	Проект направлен на повышение экспортного и транзитного потенциала Казахстана через порт на рынки Китая и стран Юго-Восточной Азии Характеристики терминала: - открытая контейнерная площадка 83 000 м2; - открытая площадка для хранения навалочных грузов 117 000 м2; - единовременное хранение 10 566 ДФЭ; - крытый склад для хранения навалочных грузов 11 000 м2 ; - офисное здание, 3 этажа, 2 000 м2; - погрузочно-разгрузочная техника: 2 порталных RTG и 2 RMG кранов; - ж.д. ветка 3,8 км с примыканием к портовой станции; - установка информационной системы управления
--	-------	--

Реализация проекта «Достык – Зеленый Коридор» включает проведение инженерно-технических работ по совершенствованию пограничной станции Достык, в том числе строительство перегрузочного места для крупнотоннажных контейнеров, строительство выставочных путей к перегрузочным местам 2, 4, строительство парка «Е» по колее 1435мм., а также мероприятий по увеличению пропускной способности прилегающих железнодорожных участков Актогай-Достык, Алматы-Актогай, Мойынты-Актогай. Также в рамках проекта предусмотрено внедрение системы предварительного декларирования, исключение процедуры досмотра транзитных грузов, использование железнодорожных накладных (СМГС, ЦИМ/СМГС) в качестве таможенных деклараций, что приводит к существенному повышению качества таможенно-брокерских услуг.

Создание хаба в Хоргосе является одним из инструментов концепции развития транспортно-логистической системы и предусматривает создание единого транспортно-логистического оператора для обеспечения необходимого уровня координации управления, формирования целостности и интеграции мультимодальных услуг, а также реализации принципа «одного окна».

Строительство контейнерного терминала в порту Ляньюньган в Китае имеет большое геостратегическое значение. На сегодняшний день порт, являясь одним из крупнейших портов мирового значения, способствует интеграции Казахстана в международные транспортно-логистические цепочки. Ввод в эксплуатацию казахстанско-китайского терминала способствует выполнению задачи обеспечения концентрации грузов из стран Юго-Восточной Азии в направлении Центральной Азии, Казахстана, России и Евросоюза. При этом за 2016г в терминале обработано 84 тыс. контейнеров в 20-тонном эквиваленте, хранение грузов составило 360 тыс. тонн. В перспективе ожидается, что к 2020 году терминал обеспечит обработку свыше 550 тыс. контейнеров в год. В настоящее время планируется строительство логистической зоны для стран - участниц Шанхайской организации сотрудничества (ШОС).

Реализация масштабного проекта Западная Европа-Западный Китай обеспечит грузоперевозки в следующих направлениях Китай- Центральная Азия, Китай - Казахстан, Китай - Россия - Западная Европа. Протяженность транспортно коридора по маршруту Санкт-Петербург — Москва — Нижний Новгород— Казань— Оренбург— Актобе— Кызылорда— Шымкент— Тараз— Кордай— Алматы— Хоргос— Урумчи— Ланьчжоу— Чжэнчжоу— Ляньюньган составляет 8445км, из них по территории КНР – 3425км, РК – 2787, РФ – 2233км [2]

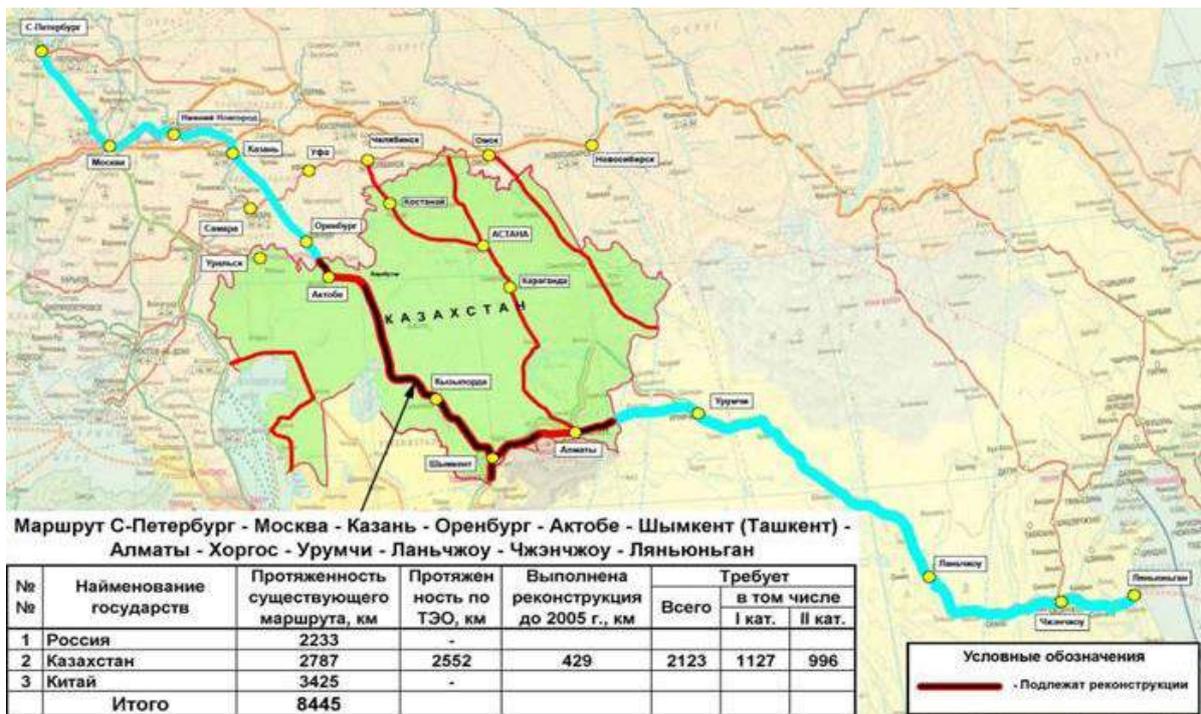


Рисунок 5 - Международный транзитный коридор «Западная Европа - Западный Китай»

Сравнение с альтернативными вариантами доставки (автомобильный Транссиб, морской через Суэцкий канал) показывает, что преимуществом данного маршрута является его протяженность и наименьшее время нахождения в пути (10 суток). Инфраструктура данного коридора обеспечит высокое качество транспортно-логистических услуг за счет интеграции в транспортно-логистическую цепь поставок грузов. Технические характеристики дорог позволят ехать со скоростью 80км/ч (альтернативная средняя скорость составляет 30км/ч), предусматривается обеспечение системой спутниковой навигации, возможность слежения за грузами на всей протяженности маршрута[3].

В систему транзитного коридора включены международные транспортно-логистические центры на территории Алматинской области в особой экономической зоне Хоргос и г. Алматы, в г. Актобе, в Таскалинском районе Западно-Казахстанской области и в г.Шымкент Южно-Казахстанской области, а также региональные транспортно-логистические центры в населенных пунктах и городах Алматы, Тараз, Шу, Шымкент, Туркестан, Кызылорда, Байконур, Аральск, Карабутақ, Актобе, Уральск.

В настоящее время наблюдается отставание конкурентных позиций страны по сравнению с соседними странами в первую очередь из-за неудовлетворительного состояния транспортной инфраструктуры, обусловленное замедленным процессом ее обновления, отсутствием инвестиций в модернизацию технического оснащения дорог и транспортных узлов.

Для учета особенностей и выбора правильного направления в развитии и совершенствовании транспортно-логистической системы РК и транзитного потенциала, представлен SWOT - анализ транзитного потенциала АО «НК КТЖ».

Таблица 2 - SWOT - анализ транзитного потенциала АО «НК КТЖ»

Сильные стороны:	Слабые стороны:
<ul style="list-style-type: none"> <li>♣Выгодное географическое положение на ключевых транзитных маршрутах</li> <li>♣Наличие необходимых производственных мощностей для оказания услуг магистральной железнодорожной сети</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♣Высокие текущие цены на ж/д транзит, что приводит к текущей низкой доли международного транзита направляемого через РК</li> <li>♣Наличие узких мест в инфраструктуре</li> <li>♣Не достаточный уровень координации и вовлеченности стран, лежащих вдоль целевых транзитных маршрутов</li> <li>♣Ранняя стадия развития функции продаж в Китае и ЕС</li> </ul>

Возможности:	Угрозы:
<ul style="list-style-type: none"> <li>♣Рост через РК транзитного грузопотока Китай-Европа и в других направлениях</li> <li>♣Выстраивание сильной функции продаж в Китае и ЕС для обеспечения и контроля за объемом транзита через РК</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♣Неспособность договориться со странами, лежащими на целевых транзитных маршрутах о необходимом размере снижения ж/д тарифа для получения достаточного уровня транзита</li> <li>♣Низкий уровень цен на транспортировку контейнеров морским путям</li> <li>♣Отсутствие спроса на транзитный маршрут со стороны крупных экспедиторов из-за текущих контрактных отношений с морскими перевозчиками</li> </ul>

Данный анализ выявляет сильные и слабые стороны для дальнейшего развития транзитной политики и способствует формированию транзитного потенциала страны.

В целях реализации транзитной политики принимаются следующие меры[4]:

- содействие решению вопросов развития транзитных перевозок на международном уровне;
- развитие логистической инфраструктуры транзитных коридоров;
- повышение технического оснащения и предоставления сервисных услуг до уровня мировых стандартов;
- обеспечение безопасного следования транзитных грузов через территорию Республики Казахстан;
- применение современных систем связи и программного обеспечения;
- создание благоприятных условий для привлечения отечественных иностранных инвестиций в развитие инфраструктуры.

Таким образом, в современных условиях глобализации рынка, усиления конкуренции в рамках единого экономического пространства, ожесточающейся конкуренции со стороны альтернативных маршрутов, усложнения цепочек поставок – развитие и повышение конкурентоспособности транспортно-логистической системы страны является жизненной необходимостью.

#### Список литературы

1. Послание Президента РК «Новая экономическая политика «Нурлыжол» — путь в будущее» // [ЭР]. Режим доступа: Kazpravda.kz
2. Повышение конкурентоспособности транзитного потенциала Республики Казахстан в условиях глобализации мировой экономики. Е.С. Искалиев, ОТЛК, Астана – 2015г.
3. Транспортной инфраструктуре - новое качество. Режим доступа: [www.zakon.kz/4589110-k-2020-godu-tranzitnye-perevozki-cherez.html](http://www.zakon.kz/4589110-k-2020-godu-tranzitnye-perevozki-cherez.html)
4. Международные транспортные коридоры ЕврАзЭС: быстрее, дешевле, больше. Отраслевой обзор. 2009г

### ВЫЯВЛЕНИЕ МЕСТ С НАИБОЛЬШЕЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ДТП НА ГОРНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ БАЛЫКЧЫ-НАРЫН-ТОРУГАРТ

**Молдалиев Э.Д.**

/Молдалиев Э.Д.- и.о. профессора, к.т.н./

Нарынский государственный университет им. С. Нааматова, Кыргызстан, г. Нарын

#### Аннотация

В статье рассмотрены методы выявления опасных участков, определены опасные участки на горной а/д Балыкчы-Нарын-Торугарт. С этой целью проведен анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и выявлены основные виды ДТП и их причины возникновения. По характерным и сгруппированным участкам определены фактическая плотность ДТП и коэффициент относительной аварийности. На основе этих результатов определены участки с концентрацией ДТП и установлены степени опасности.

**Ключевые слова:** горные дороги, ДТП, участки, интенсивность движения, коэффициент относительной аварийности, фактическая плотность ДТП, долинные участки, столкновение, опрокидывание.

Для обеспечения безопасности движения на горных автомобильных дорогах следует периодически проводить анализ ДТП, выявлять участки с повышенной аварийностью, изучить факторы дорожных условий влияющие на режим и безопасность движения транспортных потоков.

Как известно, для выявления опасных участков автомобильных дорог существует следующие методы: метод, основанный на анализе данных о ДТП; метод коэффициентов аварийности; метод коэффициентов безопасности; метод конфликтных ситуаций [6].

В этом направлении, применительно к горным дорогам следует отметить работы В.Ф. Бобкова [1], В.В. Сильянова [3], Р.С. Картанбаева [7], М.М. Магомедова [3].

Для выявления опасных участков на горной а/д Балыкчы-Нарын-Торугарт применен метод, основанный на анализе данных о ДТП.

С этой целью нами использованы результаты анализа ДТП за 2013-2017 гг. по данной автомобильной дороге. Рассматриваемый участок по абсолютному количеству ДТП распределен на 12 групп с расстояниями 10 км (кроме 241, 474 км), где произошли более 2 ДТП в каждом километре. По сложности горных дорог они разделены на 4 характерных участка: равнинный, долинный, предгорный и перевальный (табл. 1). В связи с отсутствием точных мест происшествий на карточках учета ДТП выбранные участки распределены по километровым столбам. Дорога имеет по одной полосе в каждом направлении.

Таблица 1

Показатели участков рассматриваемой дороги

№ группы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Группированные участки, км	211	221	231	241	292	310	320	330	340	404	415	474
	213	222	234		293	311	324	333	345	406	417	
	215	223	235			312	328		349			
	216		238			313						
Характерные участки	Д	Р		Д			Пр.		П	Пр.	Р	

Примечание. Тип участка: Р – равнинный; Д – долинный; Пр. – предгорный; П – перевальный.

Для выявленных характерных участков определяем коэффициент относительной аварийности по формуле 1:

$$Z = \frac{n \cdot 10^6}{N \cdot L \cdot m \cdot 365} \quad (1)$$

где  $n$  – количество происшествий в год;

$N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях, принимаемая по данным учета движения, авт./сут;

$m$  – число лет в расчетном периоде;

$L$  – длина участка дороги, км.

К участкам концентрации ДТП относятся участки дорог, на которых фактическая плотность ДТП (среднее число ДТП в год на 1 км) не менее значений, указанных в таблице [6], при данной среднегодовой суточной интенсивности движения.

По результатам анализа ДТП, изучения проектно-технической документации данной дороги и исследования интенсивности движения составлена табл. 2.

Таблица 2

Общие данные рассматриваемых участков

Число ДТП за расчетный период, шт.	11	9	9	4	4	8	11	6	8	4	4	3
Интенсивность движения, авт/сут	2389			2104			2125			1660		
№ группы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Застройка		да										да
Расстояние, м	6000	3000	8000	1000	2000	4000	9000	4000	6000	3000	3000	1000

Интенсивность движения рассматриваемой дороги определена на основе подсчета количества автотранспортных средств на стационарных постах натурным способом [4].

Для определения аварийности каждой группы выявленных участков вычисляем фактическую плотность ДТП по формуле 2:

$$\gamma = \frac{n_i}{3 \cdot l_i} \quad (2)$$

где  $n_i$  – число ДТП, совершенных на  $i$ -м рассматриваемом участке в течение расчетного периода, шт.;  $l_i$  – протяженность  $i$ -го рассматриваемого участка дороги, км.

По вычисленным значениям фактической плотности ДТП и наблюдаемой интенсивности движения по характерным участкам и группам определяем участки с концентрацией ДТП (табл. 3).

Таблица 3

Результаты определения концентрации ДТП и степени опасности участков

№ уч	Фактическая плотность ДТП		Застройка	Концентрация ДТП	Коэффициент относительной аварийности, Z		Степень опасности
	по характерным участкам, $\gamma$	по группированным участкам, $\gamma$			по характерным участкам, $\gamma$	по группированным участкам, $\gamma$	
1	0,6	0,6		да	0,42	0,42	О
2	0,54	1,5	да	да	0,37	0,68	О
3		0,37					
4	0,76	1,33		да	0,59	1,0	Оч
5		0,66		да		0,52	О
6		0,66		да		0,52	О
7	0,41	0,4		да	0,34	0,31	М
8		0,5		да		0,38	О
9		0,55		да		0,34	М
10	0,44	0,44		да	0,44	0,44	О
11	0,66	0,66		да	0,44	0,44	О
12	1,33	1,33	да	да	0,99	0,99	Оч

Примечание: М-малоопасные участки, О-опасные участки, Оч-очень опасные участки.

Как показывает анализ табл. 3 все выявленные участки (кроме №3) относятся к участкам с концентрацией ДТП. Наибольшее количество ДТП приходится в населенные пункты (участки 2 и 12), долинные (участки 1 и 4-6) и предгорные участки (7-9 и 11).

Следует отметить, что горные дороги характеризуются поворотами с изменяющимися радиусами, спусками и подъемами, различной шириной и состоянием проезжей части, изменением дальности видимости и условий обзора. Все это оказывает значительное влияние на режим и безопасность движения транспортных потоков.

На данной дороге 33 % ДТП приходится на долинные, а 35 % на предгорные участки. Как показывает анализ горных дорог 88 % ДТП происходит по вине водителей [5]. Особенно это связано с эмоциональной напряженностью водителей.

Анализ результатов аварийности по данной горной дороге показал (рис. 1), что 38,1 % приходится на столкновение, 46 % на опрокидывание транспортных средств (ТС). Основными причинами возникновения ДТП (рис. 2) являются превышение скорости установленные правилами дорожного движения (ПДД) (42 %) и выезд на полосу встречного движения, нарушение правил обгона (31 %). Детальный анализ ДТП показывает, что из них 20 % столкновений случаются по причине превышения скорости установленные ПДД, а 93 % составляет выезд на полосу встречного движения, нарушение правил обгона. В отличие от столкновений, 74 % опрокидываний случаются по причине превышения скорости установленные ПДД, а 7 % составляет выезд на полосу встречного движения, нарушение правил обгона.

Отметим, что из всех ДТП 27 % случаются по вине водителей управляющих ТС с правым расположением руля.

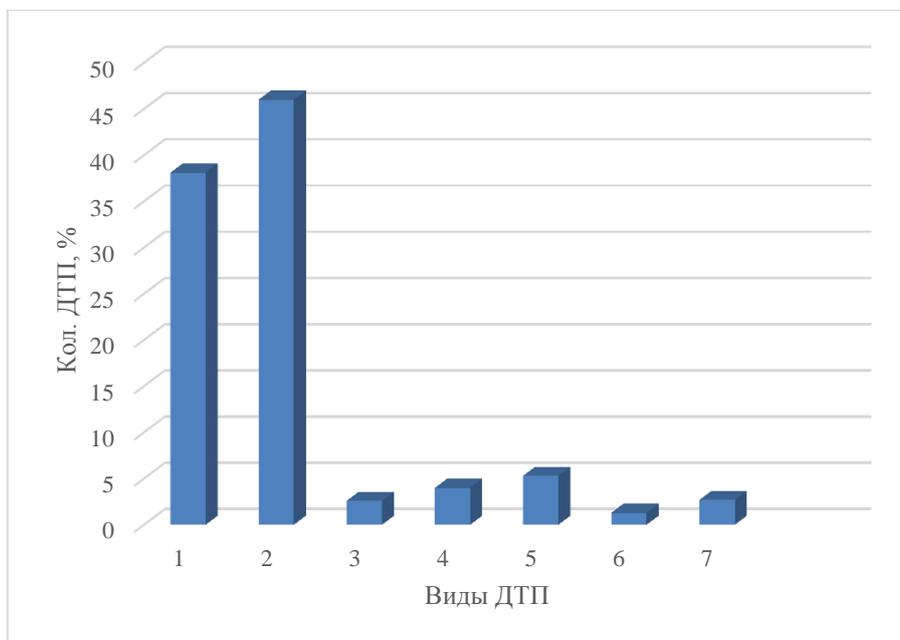


Рисунок 1 – Распределение ДТП по видам

Примечание: 1 – Столкновение; 2 – Опрокидывание; 3 – Наезд на стоящее транспортное средство; 4 – Наезд на препятствие; 5 – Наезд на пешехода; 6 – Наезд на велосипедиста; 7 – Наезд на животное.

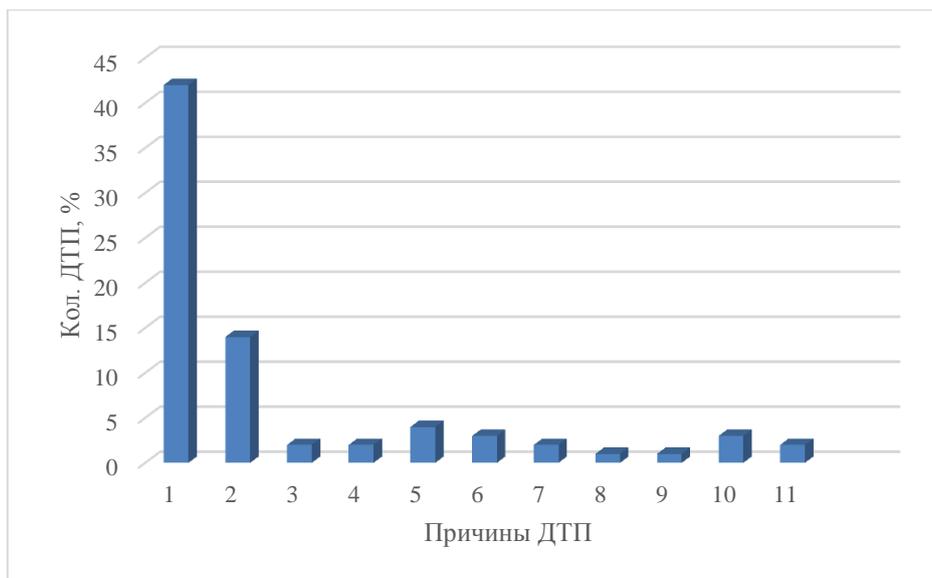


Рисунок 2 – Распределение ДТП по причинам

Примечание: 1 – Превышение скорости установленные ПДД; 2 – Выезд на полосу встречного движения, нарушение правил обгона; 3 – Переутомление, сон за рулем; 4 – Нетрезвое состояние пешехода; 5 – Несоблюдение дистанции; 6 – Маневрирование; 7 – Неожиданный выход пешехода из-за ТС, деревьев, и др.; 8 – Управление ТС в состоянии опьянения; 9 – Переход через проезжую часть в неустановленном месте; 10 – Несоблюдение очередности проезда перекрестка; 11 – Иные нарушения ПДД.

Таким образом, следует сделать вывод:

- по характерным участкам горных дорог фактическая плотность ( $\gamma = 0,76$ ), коэффициент относительной аварийности ( $Z = 0,59$ ) приходится на долинные участки и являются очень опасными участками. Из них особо следует отметить: участок 4 (241 км), где фактическая плотность равна 1,33; коэффициент относительной аварийности - 1,0;
- установлено, что на рассматриваемой дороге 85 % ДТП приходится на сложные участки горных дорог, из них 33 % на долинные и 35 % на предгорные участки (всего 68 %);
- из общего числа ДТП 38,1 % приходится на столкновение, 46 % на опрокидывание ТС;

- основными причинами ДТП являются превышение скорости установленными ПДД (42 %) и выезд на полосу встречного движения, нарушение правил обгона (31 %);
- 27 % ДТП случаются по вине водителей ТС с правым расположением руля;

#### Список литературы

1. Бобков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. / В.Ф. Бобков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Картанбаев Р. С. Проектирование горных дорог с учетом требований безопасности движения / Р. С. Картанбаев. — Фрунзе: Илим, 1986. — 93 с.
3. Магомедов М. М. Горные дороги. (Особенности проектирования, строительства и эксплуатации на примере Дагестана) / М. М. Магомедов. — Махачкала-Москва: Техполиграфцентр, 2006. — 247 с.
4. Молдалиев Э.Д. Исследование закономерностей изменения транспортных потоков в горных дорогах // Транспорт, транспортные сооружения, экология. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – Пермь, 2016, № 4. – с. 114-127.
5. Молдалиев Э.Д. Влияние возраста и стажа водителя на риск возникновения ДТП в горных дорогах // VIII Международная НПК «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке». № 9 (18). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2018 – с. 94-101.
6. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах // Утв. распоряжением Минтранса РФ от 24.06.2002 n ОС-557-р.
7. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. - 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.

#### **СЕКЦИЯ №9.**

#### **АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)**

#### **СЕКЦИЯ №10.**

#### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)**

#### **СЕКЦИЯ №11.**

#### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)**

#### **СЕКЦИЯ №12.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

#### **СЕКЦИЯ №13.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

# ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА

Семикова Н.И.

АПИ НГТУ им. Р.Е. Алексеева, РФ, г. Арзамас

В инструментальном производстве получили распространение различные виды поверхностной обработки с использованием лазерного излучения - лазерная закалка (термообработка), легирование и наплавка. Если первые два процесса используются для упрочнения тонкого (до 80 мкм) поверхностного слоя режущего инструмента за счет изменения его структуры и химического состава, то наплавка в основном используется для нанесения сравнительно толстых покрытий (до 3 мм) главным образом для ремонта и восстановления штампового инструмента - пресс-форм, фильер, вырубного инструмента и др.

Лазерное поверхностное упрочнение осуществляется высококонцентрированным излучением, сфокусированным на малой площади - от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Данный способ обработки может быть использован для упрочнения инструментов из быстрорежущих сталей, твердых сплавов и керамики.

Для осуществления лазерной закалки локальный участок поверхности инструмента нагревают с помощью излучения до сверхкритических температур, а после прекращения воздействия излучения этот участок охлаждается за счёт отвода теплоты во внутренние слои металла. Высокая скорость охлаждения приводит к образованию в инструментальном материале закалочных структур и, как следствие, к изменению физико-механических характеристик поверхностного слоя инструмента – микро твёрдости, напряженного состояния и другое.

Легирование и наплавка отличаются от закалки тем, что участок поверхности нагревается выше температуры плавления, а в зону оплавления вводят легирующие компоненты. В результате этого на поверхности инструмента образуется слой, отличающийся от исходного инструментального материала не только своей структурой, но и химическим составом. Разновидностями легирования являются оплавление лазером предварительно полученных покрытий и лазерное легирование из обмазок ( рисунок 1 ).

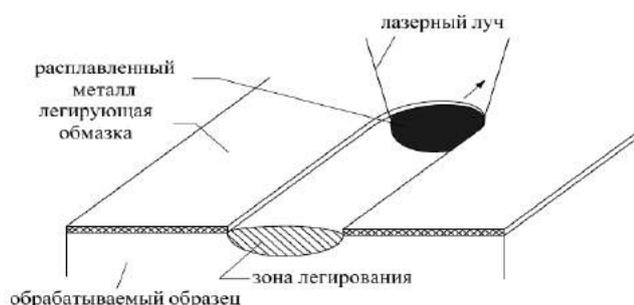


Рисунок 1 - Принципиальная схема лазерного легирования

Высокие плотности мощности лазерного излучения позволяют получать качественно новые свойства поверхностей, недоступные традиционным методам обработки материалов. Лазерная обработка поверхностей металлов и сплавов относится к локальным методам термической обработки с помощью высококонцентрированных источников нагрева. В этой связи лазерный луч как источник нагрева при термической обработке материалов имеет свои особенности и преимущества:

1. Высокая концентрация подводимой энергии и локальность позволяют производить обработку только поверхностного участка материала без нагрева остального объёма и нарушения его структуры и свойств. Кроме того, высокая концентрация подводимой энергии позволяет провести нагрев и охлаждение обрабатываемого объёма материала с большими скоростями при очень малом времени воздействия.

2. Возможность регулирования параметров лазерной обработки в широком интервале позволяет разработать целый ряд процессов поверхностной лазерной обработки, в каждом из которых можно легко регулировать структуру поверхностного слоя и его свойства - твёрдость, шероховатость, геометрические размеры обработанных участков и др.

3. Возможность обработки на воздухе, лёгкость автоматизации процессов, отсутствие вредных отходов при обработке и т.д.

4. Возможность транспортировки излучения на значительные расстояния и подвода его с помощью специальных оптических систем в труднодоступные места, позволяет производить обработку в тех случаях, когда использование других источников энергии затруднительно или невозможно.

Воздействие луча лазера на твердое непрозрачное тело условно можно разделить на несколько характерных стадий:

- поглощение светового потока и передача его энергии тепловым колебаниям решетки твердого тела;
- нагревание вещества без его разрушения;
- испарение вещества в зоне воздействия луча лазера и разлет продуктов разрушения;
- остывание вещества после окончания воздействия лазерного излучения.

Одновременно с указанными стадиями проходят диффузионные и химические процессы, а также фазовые превращения, оказывающие влияние на характер воздействия лазерного излучения на материал.

Условиями лазерного воздействия, которыми можно варьировать и которые оказывают решающее влияние на свойства формируемого слоя, и, как следствие, на эксплуатационные показатели режущего инструмента (твердости и глубины упроченных зон), являются мощность лазерного излучения, время и тип воздействия (импульсный или непрерывный), частота следования импульсов (для импульсного режима излучения  $\tau_{\text{имп}} = 1$  мс;  $\tau_{\text{имп}} = 3-6$  мс), скорость сканирования луча (для непрерывного режима излучения 200...300 мм/мин) и другие.

На количество поглощенной энергии при лазерной обработке оказывают влияние теплофизические характеристики инструментального материала или покрытий и обмазок, нанесенных на его поверхность. Необходимо отметить, что последние используются не только при лазерном легировании, но и при обычной лазерной закалке с целью увеличения поглотительной способности поверхности. Для снижения коэффициента отражения часто используются специальные краски, грунтовки, сажа, графит, а также различные покрытия. Указанные вещества испаряются под воздействием лазерного луча и поэтому не изменяют химического состава поверхностного слоя (как в случае легирования), а только лишь повышают эффективность лазерной закалки. При выборе химического состава обмазок или покрытий для лазерного легирования также необходимо учитывать их поглотительную способность. Поглотительная способность «А» материалов покрытия для лазерного легирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 –Поглотительная способность «А» обмазочных материалов и их назначение

Покрытие	Основа	Цвет	Материал	A, %
1	водный раствор оксиэтилцеллюлозы	темно-серый	стали	90
2	цапонлак	светло-серый	стали	90
3	силикат натрия, метилцеллюлоза	белый	стали, чугуны	80
4	силикат натрия	темно-коричневый	стали, чугуны	80
5	алюмохромфосфат	темно-зеленый	алюминиевые сплавы	80

Для лазерного легирования наиболее подходит нанесение водного раствора оксиэтилцеллюлозы или раствор цапонлака.

При лазерной обработке энергия излучения расходуется на поглощение поверхностью  $E_p$ , на потери энергии в результате отражения, определяемые оптическими свойствами покрытий ( $E_{po}$ ) и на энергию, поглощенную покрытием и не дошедшую до обрабатываемого материала ( $E_{обм}$ ) ( рисунок 2 ).

Вся энергия поглощенного лазерного излучения преобразуется в тепловую в тонком поверхностном слое  $10^{-6} \dots 10^{-7}$  м.

Предварительно нанесенные на поверхность инструмента покрытия или обмазки существенно увеличивают энергетическую эффективность процесса обработки за счет значительного увеличения коэффициента поглощения – до 0,8...0,9.

В зависимости от плотности мощности излучения лазерная обработка осуществляется как с нагревом до температур, превышающих температуру плавления  $T_{пл}$  или ниже температуры плавления. Уровни плотности мощности лазерного излучения, обеспечивающие локальный разогрев металла до температур  $T < T_{пл}$  без заметного испарения материала, составляют 108...109 Вт/м<sup>2</sup>.

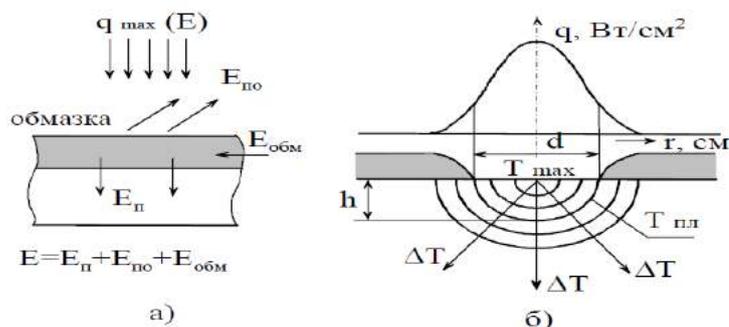


Рисунок 2 - Поглощение энергии при лазерной обработке (а) и температурное поле в зоне лазерного облучения (б)

Обычно рекомендуется значения плотности мощности  $q$  для лазерной термообработки устанавливать из условия  $q > q_p$ , где  $q_p$  – пороговая плотность мощности излучения, с превышением которой происходит активное расплавление и испарение инструментального материала. Значения  $q_p$  для различных материалов составляют  $109 \dots 5 \times 10^{10}$  Вт/м<sup>2</sup>.

При лазерном легировании обработка проводится при плотностях мощности излучения  $\approx 80 \dots 150 \times 10^3$  Вт/см<sup>2</sup>, приводящих к частичному подплавлению поверхности, что может привести к ухудшению ее микрорельефа. Это объясняется тем, что эффект легирования достигается в случае расплавления и перемешивания обмазок и тонкого поверхностного слоя обрабатываемого инструмента. Указанное обстоятельство необходимо учитывать при выборе условий обработки - в случае недопустимого ухудшения микрогеометрии обрабатываемой поверхности необходимо применять финишную доводку режущих кромок и рабочих поверхностей инструмента.

Основным достоинством газовых (CO<sub>2</sub>) лазеров является высокая оптическая однородность. Поэтому в случае, когда необходимы максимально высокая направленность и монохроматичность излучения, газовые лазеры представляют наибольший интерес. Серийно выпускаемые газовые лазеры достигают мощности более 15 кВт и обеспечивают стабильную работу в непрерывном режиме излучения.

Для упрочнения режущего инструмента в инструментальном производстве применяются газовые лазеры, устройство которых представлено на рисунке 3.

Газовый CO<sub>2</sub>-лазер с диффузионным охлаждением (рисунок 3) состоит из охлаждаемой водой разрядной трубки, внутри которой с помощью системы электродов создается газоразрядная плазма. По торцам разрядной трубки размещаются зеркала резонатора: глухое и полупрозрачное. Между электродами возбуждается электрический разряд с помощью высоковольтного источника питания. Излучение проходит через зеркало.

Представленная на рисунке 3 схема дает лишь общее представление об устройстве работы лазеров. Конструкции реальных промышленных лазерных установок намного сложнее.

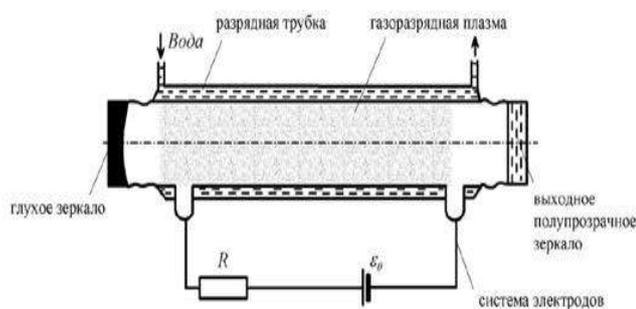


Рисунок 3 - Простейшая схема газового лазера с диффузионным охлаждением

Типичный пример технологического процесса упрочнения металлорежущих инструментов с использованием лазерного легирования представлен на рисунке 4.

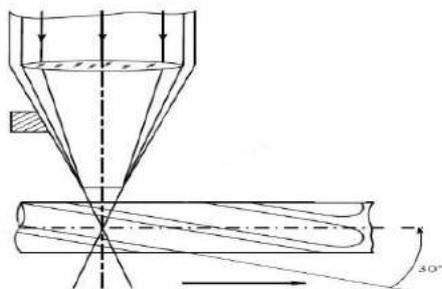


Рисунок 4 – Технологическая схема процесса лазерного упрочнения режущего инструмента

Особенностью лазерной обработки является локальность теплового воздействия, в силу чего эффективность ее применения во многом определяется правильностью выбора схемы облучения. На практике используется несколько основных схем лазерной обработки поверхности ( рисунок 5 ).

По схеме, представленной на рисунке 5, а, используется импульсно-периодическое лазерное излучение. Лазерное упрочнение осуществляется импульсами излучения, сфокусированными в пятно диаметром  $d$ . Каждый последующий импульс перекрывает предыдущее пятно нагрева, то есть перекрытие  $\Delta x$  составляет меньше диаметра пятна лазерного излучения.

Схема непрерывного излучения представлена ( на рис. 5, б.). Высокая концентрация лазерного излучения обеспечивается фокусировкой его в пятно минимальных размеров. Процесс обработки в этом случае осуществляется сканированием луча в поперечном направлении с определенной частотой и одновременным линейным перемещением изделия в направлении обработки со скоростью  $v$ .

Согласно третьей схеме (рисунок 5, в) для непрерывного излучения лазерный луч также имеет большую мощность и поэтому обеспечивает достаточную для упрочнения плотность мощности при фокусировке в пятно значительно больших размеров, чем в предыдущей схеме. Процесс обработки осуществляется перемещением изделия в направлении обработки со скоростью  $v$ .

Выбор той или иной схемы облучения определяется условиями эксплуатации инструмента и причинами его износа. Как правило, лазерной обработке подвергаются только те участки рабочих поверхностей инструмента, которые при эксплуатации наиболее интенсивно изнашиваются. При хрупком разрушении режущего инструмента (выкрашивание режущей кромки и сколы режущей части) применение лазерной обработки, как правило, является нецелесообразным. В данном случае следует выбирать более прочный инструментальный материал, либо оптимизировать геометрические параметры режущего инструмента. Лазерная обработка может использоваться в качестве дополнения к указанным мероприятиям.

Управление лазерным лучом при обработке осевого инструмента производится по трем существующим вариантам (рисунок 6):

- единичным лазерным лучом;
- группой лазерных лучей;
- одновременная обработка лазерными лучами всей окружности инструмента.

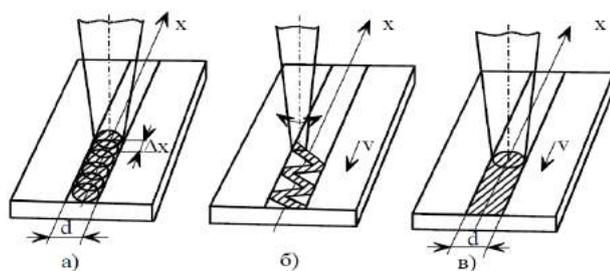


Рисунок 5 - Схемы лазерного упрочнения

а - импульсно-периодическое; б - непрерывное излучение со сканированием; в - непрерывное излучение ( $d$  - диаметр пятна,  $\Delta x$  - перекрытие пятен,  $v$  – скорость перемещения изделия)

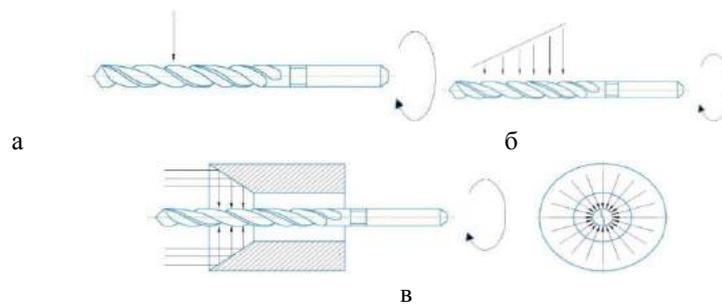


Рисунок 6 - Варианты управления лазерным лучом при обработке осевого инструмента: а- единичным лазерным лучом; б – группой лазерных лучей; в – одновременная обработка лазерными лучами всей окружности инструмента

Оптимальные значения механических свойств инструментального материала после лазерной обработки определяются сочетанием параметров излучения. При этом руководствуются или экспериментальными зависимостями (вид воздействия – непрерывный или импульсный, мощность излучения ( $P$ ), длина волны,  $\lambda$  и т.д.), разработанными для конкретных условий реализации процесса, либо для расчета некоторых параметров используют теоретические закономерности с поправочными коэффициентами на реальные условия.

Для обеспечения надежности результатов упрочнения, как правило, необходимо корректировать типовые режимы лазерной обработки применительно к конкретному изделию и применяемой лазерной установке. Одинаковый по типу и размерам инструмент из одной и той же марки стали, но изготовленный и прошедший объемную термообработку на разных предприятиях имеет различную поглощательную способность. Поэтому даже при обработке с одним уровнем энергии эффект от применения лазерного упрочнения может быть различным.

При импульсном лазерном упрочнении характеристики формируемого поверхностного слоя зависят, прежде всего, от плотности мощности лазерного излучения ( $\approx 80 \dots 150 \times 10^3$  Вт/см<sup>2</sup>), длительности импульса ( $\tau$  имп = 1 мс;  $\tau$  имп = 3-6 мс), коэффициента перекрытия (0,4...0,5).

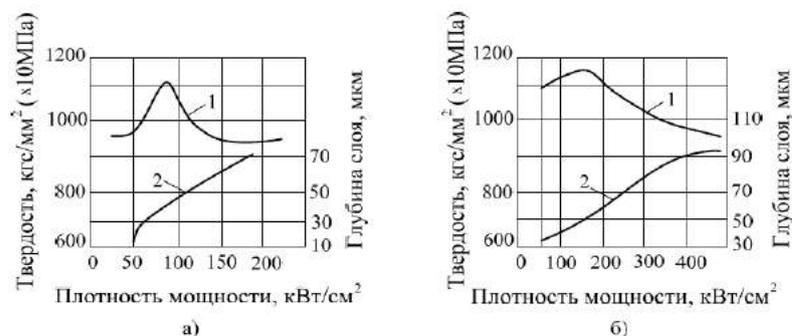


Рисунок 7 - Зависимость средней твердости (1) и глубины (2) упрочненных зон стали P6M5 от плотности мощности лазерного излучения при различных длительностях импульса:  
а -  $\tau$  имп = 1 мс; б -  $\tau$  имп = 3-6 мс

Глубина упрочненного слоя как с оплавлением, так и без оплавления поверхности увеличивается с ростом плотности мощности лазерного излучения (рисунок 7), а твердость обработанной поверхности имеет максимальное значение ( $\approx 1150$  кгс/мм<sup>2</sup> $\times 10$ МПа) в определенном интервале ее значений ( $\approx 80 \dots 150 \times 10^3$  Вт/см<sup>2</sup>).

Лазерная обработка инструмента обычно ведется с перекрытием зон лазерного воздействия (рисунок 8). Практика показывает, что для получения достаточных размеров участков упрочненного металла облучение следует вести при коэффициентах перекрытия (степени перекрытия пятен в ряду) превышающих 0,2. От выбора значения коэффициента перекрытия зависят равномерность упрочненного слоя по глубине и производительность процесса обработки. Наибольшая равномерность слоя по глубине достигается при коэффициенте перекрытия 0,4...0,5.

Кроме твердости и глубины упрочненного слоя, важной характеристикой, оказывающей существенное влияние на изнашивание режущего инструмента, является высота неровностей упрочненной

поверхности. Ее минимальное значение наблюдается при малых значениях плотности мощности лазерного излучения ( $\approx 80 \times 10^3 \text{ Вт/см}^2$ ) и коэффициентах перекрытия пятен (0,2).

При использовании непрерывного излучения значительно повышается производительность лазерной обработки, что позволяет подвергать упрочнению участки как малых, так и крупногабаритных режущих инструментов. Кроме того, при непрерывном упрочнении важным условием, от которого в значительной степени зависят свойства формируемого слоя, является скорость относительного перемещения луча и инструмента (скоростью обработки 200...300 мм/мин).

С увеличением скорости перемещения луча снижается глубина упрочненной зоны, что объясняется меньшей удельной энергией, подводимой к зоне лазерного воздействия. При слишком низкой скорости перемещения луча температура нагрева участка поверхности может превысить пороговое значение, что вызовет нежелательное ухудшение микрорельефа поверхности.

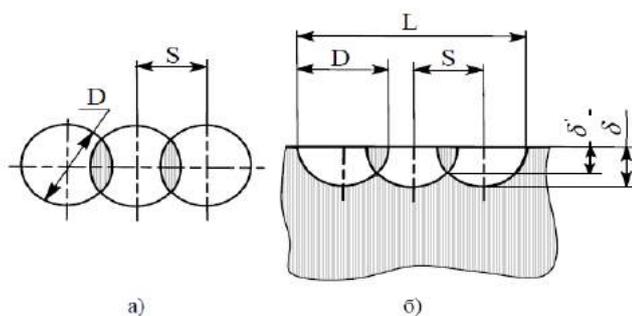


Рисунок 8 - Схема расположения облученных зон в плане (а) и продольном сечении (б) при линейном упрочнении

При лазерном легировании в качестве легирующих элементов используются углерод, молибден, ванадий, вольфрам, хром, кобальт, никель, кремний, их комбинации и соединения на основе тугоплавких металлов (WC, TiN, ZrN и другие). Выбор легирующих элементов производится таким образом, чтобы один или несколько легирующих элементов (Cr, Co, W, Mo) при нагреве в процессе эксплуатации или в процессе последующего после лазерного упрочнения отпуска частично сохранялись в твердом растворе и задерживали распад мартенсита. Другие (C, V), выделяясь из раствора наряду с частью перечисленных выше легирующих элементов, усиливали дисперсионное твердение и повышали вторичную твердость. Для протекания указанных процессов и компенсации возможного обезуглероживания поверхностных слоев инструментального материала (особенно в присутствии Co, Mo) при высокотемпературном нагреве необходимо присутствие в покрытиях углерода. Это способствует дополнительному насыщению твердых растворов и может привести к формированию дисперсных карбидов легирующих элементов в процессе охлаждения после лазерной обработки или в процессе последующего отпуска структур лазерного легирования.

На основании вышеизложенного можно дать следующие рекомендации: наилучшие результаты лазерного легирования получены при непрерывном виде воздействия лазерного луча со скоростью обработки 200...300 мм/мин; с применением обмазки - нанесение водного раствора оксиэтилцеллюлозы или раствора цапонлака; схема лазерного упрочнения - непрерывное излучение (рисунок 5 вариант «в»); вариант управления лазерным лучом при обработке осевого инструмента- одновременная обработка лазерными лучами всей окружности инструмента (рисунок 6«в»).

#### Список литературы

1. Егоров С.А. Электрофизические методы упрочнения поверхностей деталей машин и инструмента: Учеб. пособие. -Иваново, 2001.-129 с.
2. Рыжкин А.А., Бровер Г.И., Пустовойт В.Н. Лазерное упрочнение металлообрабатывающего инструмента: Учеб. пособие. -Ростов н/Д, 1998.-125 с.

**СЕКЦИЯ №14.  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

**СЕКЦИЯ №15.  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)**

**СЕКЦИЯ №16.  
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА,  
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)**

**ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

**Горина Н.П., Маринин С.Ю.**

ФГБОУ ВО КубГТУ, РФ, г. Краснодар

Обучение по вопросам охраны труда - одна из важнейших проблем системы управления охраной труда в организациях и на предприятиях, решение которой должно быть направлено на поиски наиболее эффективных способов решения производственных задач в области охраны труда, а так же на повышение уровня профессиональной компетентности в вопросах безопасности.[1]

Нашей задачей является разработка методики оценки эффективности и качества работы обучающих организаций края для повышения качества образовательных услуг. Например, возьмем методику оценки и по ее результатам построим «лепестковую диаграмму» на основе нормативных и фактических показателей. В качестве индикаторов при оценке предлагаем использовать следующие группы критериев:

1 группа. Организация образовательной деятельности, в которую входят: опыт подготовки специалистов по охране труда; наличие современных учебных методик для обеспечения учебного процесса по охране труда; наличие нормативных документов по охране труда в соответствии с Типовыми программами, утвержденными Минтрудом России; наличие текущего контроля знаний в ходе обучения.

2 группа. Материально-техническая база, в которую входят: состояние здания и его оснащенность; наличие современных технических учебных средств для обеспечения учебного процесса; наличие и состояние помещений для учебной деятельности; наличие автоматизированной системы хранения и поиска информации по охране труд.

3 группа. Учебно-методическая база, в которую входят: наличие учебных программ по охране труда, учитывающие специфику отраслей, в которых заняты обучаемые; уровень квалификации педагогов; наличие компьютерной информационно-справочной системы (Консультант Плюс, Гарант или аналогичная); развитое методическое обеспечение, методический кабинет.

4 группа. Профессиональная компетентность педагогов, в которую входят: владение учебно-методическим материалом и современными методами ведения занятий; прохождение преподавателями курсов повышения квалификации (за прошедшие 3 года); опыт практической деятельности в области охраны труда; организация самостоятельной работы педагогов исследовательского типа.

5 группа. Дополнительные возможности обучающей организации, в которую входят: возможность дистанционного обучения; проведение мероприятий и конференций помимо основной образовательной деятельности; участие в международных мероприятиях и проектах по охране труда, в том числе по обучению специалистов организации за рубежом, по обучению по международным программам

6 группа. Уровень освоения программного материала обучающимися, в которую входят: количество обучающихся с высоким, средним и низким уровнем образовательных достижений; динамика количества обученных (за последние 3 года); среднее количество слушателей в год, прошедших обучение охране труда (за

Исходя из вышеуказанных групп критериев, устанавливаются нормативные (пороговые) значения, которые, в сочетании с фактическими, образуют лепестковую диаграмму. Таким образом, лепестковая

диаграмма наглядно отражает положение ряда показателей исследуемого объекта относительно установленных нормативных значений для определения эффективности.

В результате, на нашей диаграмме получается два контура, где присутствуют значения фактических и нормативных индикаторов. Если фактический индикатор не выходит за пределы нормативного, это значит, что данный индикатор недостаточно эффективен. Следовательно, для него требуется внедрение мероприятий для повышения эффективности.

Если применять данную методику с определенной периодичностью высока вероятность отследить динамику изменений в каждой отдельно взятой организации для дальнейшего принятия управленческих решений. Соответственно, по результатам оценки индикаторов, от противного можно предложить ряд мероприятий, повышающих эффективность обучения по охране труда. В свою очередь, образовательные организации на основании полученных результатов, могут сделать выводы и определить приоритетные направления своего дальнейшего развития и повышения эффективности деятельности.[3,4]

### Список литературы

1. Зыкова Н.В. Исследование подходов к оценке эффективности деятельности организации // Экономика и менеджмент инновационных технологий, 2014.
2. Кравченко В.Н., Лысенко А.Ю. Диагностика и оценка эффективности основной деятельности предприятия. – Экономика промышленности. – том 52, №4, 2010 год.
3. Панфиль Л.А., Муртазина Е.Э. Оценка эффективности деятельности предприятия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 6-4.

## INFLUENCE OF MCC ON THE ECOLOGY OF MOSCOW

Давыдова Е.А.

РУТ (МИИТ), РФ, г. Москва

September 10, 2016 in Moscow was launched Moscow Central Circle - in fact a new line of the underground metro.

The prototype of the modern MCC is the Moscow circle railroad, which was built around Moscow in 1903-1908 years by the P.I. Rashevsky. It served for passenger and freight services. Gradually, the role of MCR was reduced exclusively to the movement of goods. Over time, the Railroad was almost in the center of the capital. Industrial enterprises have ceased to provide it the download, but a necessity in the development of passenger traffic on the contrary increased. At the dawn of the third Millennium, it turned out that the road could solve some of the transport problems of the capital and give a new impetus to the development of territories free from factory buildings.

So, in 2001 there was a project of reconstruction of the road: its transformation into the high-speed route with transfers on the subway line and the railway line of various directions. Today, the MCC is a 54 km long highway passes through 26 districts of Moscow, where live about 2 million people. Moreover in five districts MCC is the first type of public transport, which does not depend on weather and traffic jams. The circle has 15 transit for nine metro lines and six for five radial railway directions. This allowed the creation of an additional 350 new routes. At the MCC on weekdays, 177 pairs of trains run around the ring, and on weekends, 150 pairs. The capacity is 1500 passengers, the "Swallow" electric trains are adapted for people with limited mobility, passengers with children, and are convenient for transporting bicycles and wheelchairs. Trains are equipped with toilets, climate control systems and Wi-Fi. The organization of passenger traffic on the MCC is entrusted to the State Unitary Enterprise Moscow Metro, the carrier is Russian Railways.

On December 26, 2017, the project "Development of the Moscow Central Circle" received a prize in the nomination "Ecology of the City" of the XIV National Environmental Award of V.I. Vernadsky, as reported by the press service of the Moscow railway. Indeed, MCC was reconstructed with care for the capital's resident, the environment, using energy-saving technologies. New high-tech trains "Swallow" run along the iron ring, which develop speeds of up to 160 km / h and do not give "noisy inconveniences" to the citizens due to the technology called "velvet way", which was applied during the reconstruction. The device of a continuous track reaches more than 800 meters, and about 14 km of noise shields were installed there. Moreover, after the appearance of the MCC,

about 20% of people moved from cars to public transport, which reduced (though not significantly) noise and atmospheric pollution. In addition, the Central Circle passes mainly through industrial zones. According to the authorities, the emergence of new transport will contribute to the development of these territories, for example ZIL. Already on the site of the old plant located park. The territory of the park is densely riddled with walking paths, along which there are benches for visitors, lights, stylish "wild" flower beds, planted trees and shrubs. The improvement of the park is based on the concept of public art is the integration of art into the urban environment. Improvement of lands adjacent to the MCC is one of the projects of the mayoralty. They plan to make parking spaces for cars and bicycles, bike rental, landscaping, about 25 parks for recreation and walks, as well as to build about 750 thousand square meters of commercial real estate — hotels, shopping areas, offices and technology parks.

Thus, MCC is a unique project in terms of developing the transport infrastructure, creating new jobs, as well as taking care of the city's ecology.

### Список литературы

1. Московское центральное кольцо — Википедия.
2. Сайт градостроительной политики и строительства города Москвы. Раздел История МЦК (МКЖД).
3. Сайт градостроительной политики и строительства города Москвы. Раздел Московское Центральное кольцо.
4. Сайт градостроительной политики и строительства города Москвы. Раздел Новости.

## О МОНИТОРИНГЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

**Онегова К.В., Маринин С.Ю.**

ФГБОУ ВО КубГТУ, РФ, г. Краснодар

Обучение по охране труда - это важное мероприятие, целью которого является приведение всех рабочих процессов в состояние максимально безопасное для работников. По данным Международной организации труда в мире от несчастных случаев на производстве каждые 15 секунд погибает 1 человек, а это почти 6000 ежедневно! Высокие показатели производственного травматизма - следствие целого спектра причин, одной из которых являются недостатки в обучении безопасным методам и приёмам выполнения работ. По сути, любая из причин травматизма, по которым ведется статистика (будь то неудовлетворительная организация производства работ или нарушение технологических процессов), может быть следствием недостатков в обучении по охране труда тех или иных категорий работающих. Исходя из вышеизложенного с уверенностью можно сказать о том, что обучение по охране является необходимым, так как позволяет обеспечить максимальную безопасность не только работников, но и производственных ресурсов. [4]

В Краснодарском крае вопросам обеспечения безопасности работников и обучения по охране труда уделяется огромное внимание. По данным на начало 2018 года в крае функционирует 110 организаций, осуществляющих образовательную деятельность в области охраны труда. Для сравнения, в 2014 году таких организаций в крае было 76. Это говорит о том, что за прошедшие 3 года их количество резко возросло. Но будет ли это количество прямо пропорционально качеству предоставляемых образовательных услуг? Для ответа на этот вопрос необходимо создать инструмент для оценки эффективности деятельности подобного рода организаций. Таким инструментом стала разработанная нами методика проведения мониторинга эффективности. [5]

Для создания такой методики необходимо было, в первую очередь, определить критерии эффективности. Проанализировав нормативную и научную литературу по вопросам мониторинга эффективности деятельности разного рода организаций, мы выделили 6 направлений, которые оказывают существенное влияние на конечный результат, выражающийся в высоких показателях оцениваемых параметров. Среди таких направлений мы выделили материально-техническую и учебно-методическую базы, преподавательский состав, организацию и результаты образовательной деятельности. Помимо этого,

нами был выделен раздел «дополнительных возможностей», который предусматривает оценку показателей, не относящихся к обязательным для осуществления образовательной деятельности в области охраны труда.

Помимо утверждения критериев, необходимо было определить периодичность, объем, порядок проведения мониторингового исследования, а также привлекаемые силы и средства. Следующий шаг - создание положения о проведении мониторинга эффективности, в котором определены цель, задачи, объекты и его организация. [1]

Основным инструментом, обеспечивающим получение информации об исследуемых объектах в ходе мониторинга, является анкета, разработанная в соответствии с определенными ранее критериями. Анкета состоит из 6 разделов:

- 1) организация образовательной деятельности;
- 2) преподавательский состав;
- 3) материально-техническая база;
- 4) учебно-методическая база;
- 5) результаты образовательной деятельности;
- 6) дополнительные возможности.

В первом разделе представлены вопросы об объеме и направлениях подготовки, опыте деятельности (лет) образовательной организации, количестве учебных групп, наличии текущего контроля знаний.

Во втором разделе представлены вопросы о количественном и качественном составе штатного преподавательского состава организации, об опыте их профессиональной деятельности; запрашивается информация о прохождении педагогами курсов повышения квалификации за прошедшие 3 года; помимо этого, учитывается качественный состав совместителей с учётом их основной должности.

В разделе вопросов, касающихся материально-технической базы, мы считаем необходимым учитывать информацию о площади для осуществления образовательной деятельности, количестве аудиторий и их технической оснащенности, наличии и количестве современных технических учебных средств (мультимедийный проектор, манекены, роботы-тренажеры, видеоаппаратура с видеофильмами по охране труда, компьютерные программы по охране труда, образцы средств индивидуальной защиты и др.) В этот же раздел мы поместили вопросы о наличии автоматизированной системе хранения и поиска информации по охране труда.

В разделе «Учебно-методическая база» содержатся вопросы о наличии методического кабинета по охране труда, информационной справочной системы. Также запрашиваются сведения о библиотечной системе, об изданиях учебной литературы самой организацией. Несколько вопросов уделяется на получение информации об учебно-методических комплексах (наличии и наполняемости, актуальности, практической направленности, соответствии нормативным требованиям).

В пятом разделе представлены вопросы о динамике и количестве обученных по направлениям подготовки, а также о наличии и результатах анонимного анкетирования слушателей (руководителей и специалистов по охране труда).

Заключительный раздел анкеты «Дополнительные возможности» содержит вопросы о деятельности организации помимо основной, а именно: участие и проведение мероприятий и конференций по охране труда, научно-исследовательская работа, проекты. В нём же представлены вопросы о возможности обучения лиц с отклонениями в состоянии здоровья, дистанционном обучении и официальном сайте организации в сети Интернет.

Полученные в ходе анкетирования данные анализируются и сравниваются с определенными пороговыми значениями на основании присвоенных балльных оценок. Исходя из этого, строятся лепестковые диаграммы, которые наглядно отражают положение ряда показателей исследуемого объекта относительно установленных пороговых значений для определения эффективности. Пороговые (минимальные) значения определяются на основании усредненных для каждого конкретного показателя.

Этап подведения итогов, включает подготовку документов по итогам анализа полученных данных, на основе которого формулируются рекомендации по оптимизации процесса предоставления образовательных услуг в области охраны труда, повышению качества их предоставления. Помимо этого, на заключительном этапе предусмотрено распространение результатов мониторинга среди организаций-участников исследования.

При многократном применении данной методики с определенной периодичностью представляется возможным отследить динамику изменений в каждой отдельно взятой организации для дальнейшего принятия управленческих решений. [2,3]

Развернутая аналитическая информация о результатах мониторинга должна быть представлена в открытом доступе, что предоставит потенциальным потребителям образовательных услуг по охране труда возможность ознакомиться с деятельностью каждой организации, её основными характеристиками и показателями. Помимо этого руководители и специалисты смогут сделать выбор в пользу той или иной образовательной организации с учетом значимых для себя критериев.

Образовательные организации, в свою очередь, на основании полученных результатов, могут сделать выводы и определить приоритетные направления своего дальнейшего развития и повышения эффективности деятельности. [2,3]

В результате применения данной методики и публичном представлении полученных результатов будет сформирован своеобразный соревновательный компонент организаций, осуществляющих идентичные функции, что в свою очередь положительно отразится на общем уровне предоставляемых образовательных услуг в области охраны труда. А, исходя из этого, можно сделать вывод о том, что и снизятся производственные риски, связанные с недостатками в обучении безопасным методам и приемам осуществления работ.

#### Список литературы

4. Мониторинг: от приложений к общей теории: монография / под редакцией Г.А.Угольницкого.— Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009.—176с.
5. Зыкова Н.В. Исследование подходов к оценке эффективности деятельности организации // Экономика и менеджмент инновационных технологий, 2014.
6. Панфиль Л.А., Муртазина Е.Э. Оценка эффективности деятельности предприятия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 6-4.
7. Самарская Н.А. Состояние условий и охраны труда в современной России // Экономика труда. – том 4, № 3. –июль-сентябрь 2017.
8. Охрана труда в Краснодарском крае: информационно-аналитический бюллетень № 4 (75) за 2017 год

#### СЕКЦИЯ №17.

#### ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

#### СЕКЦИЯ №18.

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

#### О ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ОТ НАСЫЩЕННОСТИ ФРОНТА РАБОТ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ундозеров В.А.

НИУ МГСУ, РФ, г. Москва

Принятая в строительном производстве линейная модель зависимости суммарной выработки коллектива от численности рабочих (*насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами*) не учитывает снижение производительности труда вследствие взаимопомех. Игнорирование этого фактора может привести к негативным последствиям для календарного планирования и оценки эффективности затрат на трудовые ресурсы [1]. Рядом авторов [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] были предложены учитывающие данный феномен альтернативные эмпирические и аналитические модели. Однако они имели либо узкую направленность, либо недостатки в теоретическом обосновании, и поэтому не нашли широкого применения.

Авторы доклада выделили инвариантную и вариативную части большинства предложенных аналитических моделей. *Инвариантная часть* – это общий характер зависимости: производительность

труда постоянна до некоторой численности рабочих, затем снижается. *Вариативная часть* – это формулы, отражающие указанное снижение. Математически это может быть представлено следующим образом:

*Инвариантная часть (форма)*

$$P = \begin{cases} P_0 = const, & \text{при } n_{min} \leq n \leq n_l \\ P(n), & \text{при } n_l \leq n \leq n_{max} \\ 0, & \text{при } n = n_{max} \end{cases} \quad (1)$$

где  $P$  ( $\frac{\text{единиц продукции}}{\text{чел. ч}}$ ) – производительность труда рабочего;

$n$  (чел.) – насыщенность фронта работ трудовыми ресурсами (независимая переменная);

$P_0$  ( $\frac{\text{единиц продукции}}{\text{чел. ч}}$ ) – номинальная производительность труда, как правило – обратная величина к

«норме времени» по ЕНиР, ФЕР и т. п.;

$n_{min}$  (чел.) – минимальная насыщенность фронта работ (как правило, численность звена (бригады) по рекомендации ЕНиР);

$n_l$  (чел.) – «предел линейности» – насыщенность, при которой начинается снижение производительности труда рабочего. Определяется экспертной оценкой или производственным экспериментом. Зависит от размеров фронта работ и вида работы.

$n_{max}$  – максимальная насыщенность фронта работ, при которой практически невозможно выполнение работы на заданном фронте. Определяется экспертной оценкой или производственным экспериментом. Отрезок  $[n_{min}, n_{max}]$  является областью определения  $P$ .

$P(n)$  ( $\frac{\text{единиц продукции}}{\text{чел. ч}}$ ) – *вариативная часть* – некоторая монотонно убывающая функция, отражающая характер снижения производительности труда с ростом численности рабочих.

В качестве  $P(n)$  авторами предлагается взять функцию, в которой снижение производительности труда при увеличении насыщенности описывается *функцией гиперболического роста*. Последняя имеет общий вид  $f(x) = \frac{C_2}{C_1 - x}$ , где  $C_1, C_2$  – параметры,  $x$  – независимая переменная. Она используется, например, для описания динамики численности населения Земли [9]. Применимость функции для описания рассматриваемой в докладе зависимости объясняется авторами предположением, что на снижение производительности труда в строительном производстве действуют два вида факторов – *социально-психологические причины* (отвлечения, конфликты и т. п.) и *пространственный фактор* (теснота). До определенного количества действуют в основном социально-психологические факторы, затем – оба вида, причем с увеличением насыщенности пространственный фактор всё сильнее «катализирует» действие социально-психологических. Поэтому динамику снижения производительности труда можно интуитивно представить в виде графика роста по гиперболе – функции, характеризующейся возрастающей производной с «обострением». Это «обострение» в данном случае возникает, когда начинают активно действовать оба вида факторов. Также использована аналогия с исследованиями в демографии [10], объясняющими гиперболический рост населения планеты увеличением числа информационных взаимосвязей между людьми. Рост интенсивности обмена опытом приводит к улучшению качества жизни, что в свою очередь ведет к снижению смертности. Поскольку согласно этой интерпретации скорость роста населения планеты зависит не количества людей, а от количества взаимодействий между ними, то предполагается её пропорциональность не самой численности (экспоненциальный рост), а её квадрату (гиперболический рост). Для рассматриваемой в докладе зависимости также есть основания предполагать, что «скорость» снижения производительности труда зависит не от численности рабочих самой по себе, а от количества взаимодействий между ними. Но в отличие от исследований в демографии, здесь подчеркивается негативный, а не положительный эффект от роста взаимодействий. Можно предположить, что это связано с жёсткой ограниченностью в пространстве и времени, характерных для условий стройплощадки, в отличие от условий жизни на планете в целом. Подробное обоснование «гиперболической гипотезы» приведено в работе [1].

Модель прошла успешную первичную верификацию путем интервьюирования специалистов-строителей Нововоронежской АЭС-2 (НВАЭС-2). В дальнейшем планируется проведение полноценного экспертного опроса специалистов, организация наблюдений на реальных строительных площадках, а также постановка производственных экспериментов.

Математически зависимость производительности труда рабочего от насыщенности в предлагаемой авторами «*гиперболической модели*» представлена следующим образом:

$$P(n) = P_0 \cdot \frac{C_1 - n_l}{n_{max} - n_l} \cdot (1 - N(n)) \quad (2)$$

где  $N(n)$  – коэффициент, отражающий негативное влияние взаимных помех на производительность труда рабочего при увеличении насыщенности. Он представлен функцией гиперболического роста от  $n$  с эмпирическими параметрами  $C_1$  и  $C_1 - n_{max}$ :

$$N(n) = \frac{C_1 - n_{max}}{C_1 - n} \quad (3)$$

$C_1$  является вертикальной асимптотой графика функции  $N(n)$  (см. рис. 1), зависит от размеров фронта работ и вида работы. На параметр накладывается условие:  $C_1 > n_{max}$ .

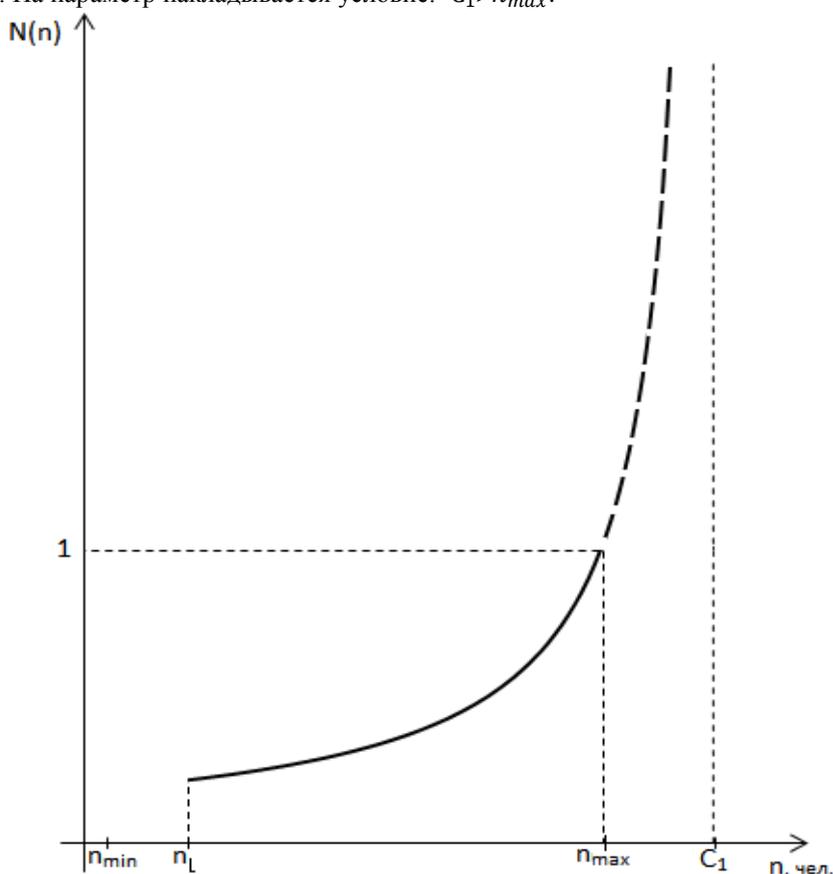


Рис. 1. Коэффициент, отражающий негативное влияние взаимных помех на производительность труда рабочего, в зависимости от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами при использовании гиперболической модели (сплошная линия)

Параметр  $C_1$  может быть получен с помощью экспертных или экспериментальных данных о производительности труда рабочего  $P(n_0)$  при какой-либо насыщенности  $n_0 \in (n_l, n_{max})$ . Подставив эти значения в уравнение (2), получим:

$$C_1 = \frac{n_l P_0 (n_{max} - n_0) - n_0 P(n_0) (n_{max} - n_l)}{P_0 (n_{max} - n_0) - P(n_0) (n_{max} - n_l)} \quad (4)$$

Второй параметр формулы (3)  $C_1 - n_{max}$  взят из условия равенства нулю  $P(n)$  при максимальной насыщенности фронта работ (см. (1), (2)).

Множитель  $P_0 \cdot \frac{C_1 - n_l}{n_{max} - n_l}$  в (2) является выражением горизонтальной асимптоты  $P_a$  графика зависимости производительности труда рабочего от насыщенности (см. рис. 2). Он получен из граничного условия (см. (1)):

$$P(n_l) = P_0 = P_a \cdot \left(1 - \frac{C_1 - n_{max}}{C_1 - n_l}\right).$$

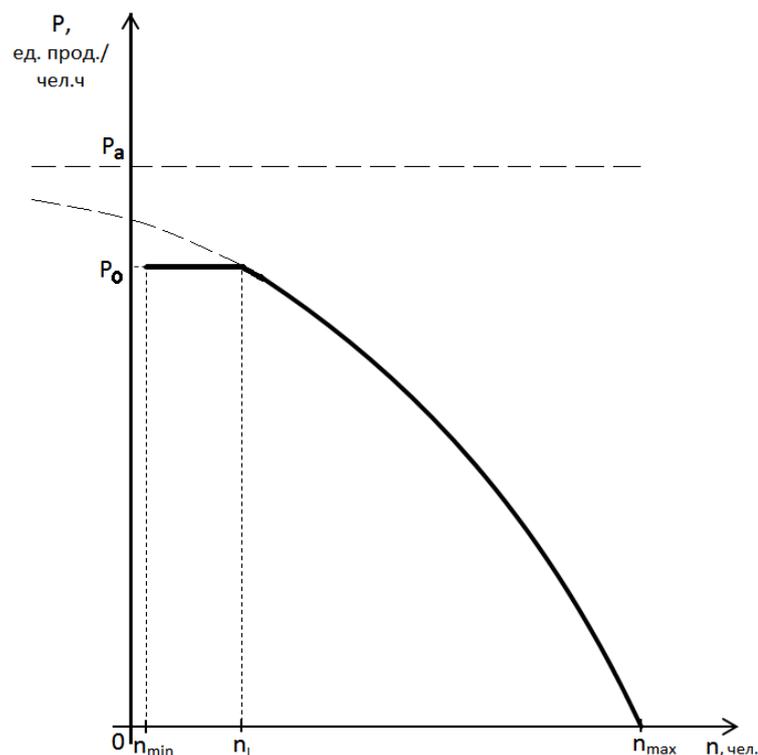


Рис. 2. Производительность труда рабочего в зависимости от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами при использовании гиперболической модели (сплошная линия)

Полученная зависимость позволяет перейти к задаче нахождения *оптимальной насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами по критерию сокращения сроков*. Она решается общеизвестными методами математического анализа путем приравнивания нулю производной выражения суммарной выработки коллектива. Получаем:

$$n_{opt} = C_1 - \sqrt{C_1(C_1 - n_{max})} \quad (5)$$

Суммарная выработка коллектива в зависимости от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами, с выделением оптимума по критерию сокращения сроков, представлена на рис. 3.

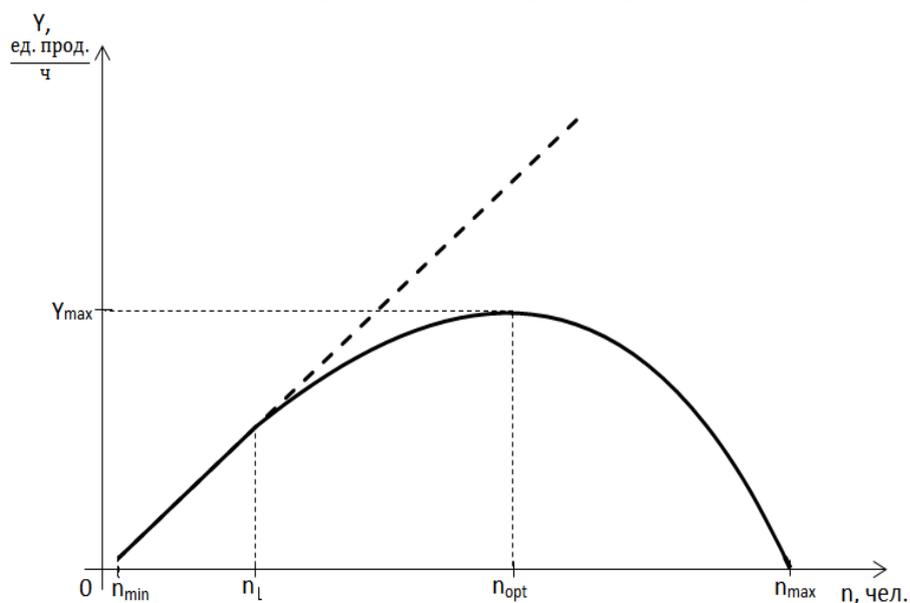


Рис. 3. Суммарная выработка коллектива в зависимости от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами: сплошная линия – для «гиперболической» модели, пунктирная – для линейной.  $Y_{max}$  – максимальная суммарная выработка коллектива

В качестве примера рассмотрено штучное армирование фундаментной плиты здания реактора блока АЭС-2006 (рис. 4). Параметры  $P_0, n_l, n_{max}, C_1$  были определены по результатам опроса специалистов-строителей НВАЭС-2. Площадь фронта работ  $S$  и объем работ  $V$  – на основании проектной документации. Параметр  $n_{min}$  был принят по рекомендации ЕНиР. Значения представлены в таблице 1.



Рис. 4. Армирование фундаментной плиты здания реактора блока АЭС-2006.

Таблица 1. Начальные условия примера

Величина	Обозначение	Значение	Единицы измерения
Площадь фронта работ	$S$	2100	$m^2$
Объем работ	$V$	1600	т
Номинальная производительность труда рабочего	$P_0$	0,017	$\frac{т}{чел. \cdot ч}$
Минимальная насыщенность фронта работ трудовыми ресурсами	$n_{min}$	2	чел.
«Предел линейности»	$n_l$	50	чел.
Максимальная насыщенность фронта работ трудовыми ресурсами	$n_{max}$	230	чел.
Параметр $C_1$	$C_1$	470	чел.

В результате расчета по формулам «гиперболической модели» были получены значения производительности труда и суммарной выработки коллектива в зависимости от насыщенности, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Значения производительности труда рабочего в суммарной выработке коллектива при различной насыщенности фронта работ в предположении «гиперболической модели» для рассмотренного примера

Насыщенность фронта работ, чел.	2 ( $n_{min}$ )	20	50 ( $n_r$ )	80	134 ( $n_{opt}$ )	160	200	230 ( $n_{max}$ )
Удельная площадь на человека*, $m^2/чел.$	1050	105	42	26,2	15,7	13,1	10,5	9,1
Производительность труда отдельного рабочего, т/чел.-ч	0,017	0,017	0,017	0,015 4	0,0114	0,009	0,0044	0
Суммарная выработка коллектива, т/ч	0,034	0,34	0,85	1,232	1,527	1,44	0,88	0

\* Удельная площадь на человека определяется делением площади фронта работ ( $2100 m^2$ ) на насыщенность фронта работ.

Таким образом, для ускорения арматурных работ по фундаментной плите, численность рабочих может быть увеличена с характерных 40-50 до 130-140 человек, но не более. Это значение практически совпадает с оценкой экспертов - примерно 140 человек.

**Выводы:**

1. Вопрос зависимости производительности труда от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами актуален, главным образом - для решения задачи оптимизации насыщенности по критерию сокращения сроков.
2. Отмечена ограниченность принятой в строительстве линейной модели расчёта суммарной выработки коллектива, отсутствие достаточно обоснованных и универсальных альтернативных подходов.
3. Представлена разработанная авторами «гиперболическая модель», описывающая зависимость производительности труда рабочего и суммарной выработки коллектива от насыщенности.
4. Предложено решение задачи оптимизации насыщенности по критерию сокращения сроков на основе гиперболической модели.

Проведена первичная верификация модели для определения оптимальной насыщенности при выполнении арматурных работ по фундаментной плите реакторного здания АЭС.

**Список литературы**

1. Пергаменщик Б. К., Ундозеров В. А. Производительность труда в строительстве в функции насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами // Экономика строительства. 2018. №5. С. 25-34.
2. Абрамов И. Л. Моделирование технологических процессов в малоэтажном жилищном строительстве: дис. ... канд. техн. наук. - М., 2007. – 177 с.
3. Симанкина Т. Л. Совершенствование календарного планирования ресурсосберегающих потоков с учетом аддитивности интенсивности труда исполнителей: дис. ... канд. техн. наук. - СПб, 2007. – 156 с.
4. Каа М., Keles A. E., Oral E. L. Construction Crew Productivity Prediction By Using Data Mining Methods. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, vol. 141, pp. 1249 – 1253.
5. Луканин Б. В. Определение оптимальной численности рабочих на строительномонтажных работах // Техническая информация. Госстрой Казахской ССР, республиканский центр научно-технической информации по строительству, строительному проектированию и инженерным изысканиям. - 1970. - № 10.
6. Ким И. В. Исследование влияния продолжительности строительства на экономику строительных организаций: дис. ... канд. техн. наук. - М., 1974. – 171 с.
7. Исаева Г. Л. Исследование методов рационального насыщения фронта работ трудовыми ресурсами и средствами механизации: дис. ... канд. техн. наук. - Волгоград, 1975. – 182 с.
8. Lee J. , Park Y.-J. , Choi Ch.-H. , Han Ch.-H. BIM-assisted labor productivity measurement method for structural formwork. Automation in Construction, 2017, vol. 84, pp. 121–132.
9. Марков А. В., Коротяев А. В. Гиперболический рост в живой природе и обществе / Отв. ред. Н. Н. Крадин. М., Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 200 с.
10. Капица С. П. Парадоксы роста. Законы развития человечества - М., Альпина нон-фикшн, 2012. – 204 с.

**СЕКЦИЯ №19.**

**НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)**

**СЕКЦИЯ №20.**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)**

# АНАЛИЗ ОДНОЭТАПНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ

Барашков В.М., Задорина Н.А., Царева А.А.

РГАТУ имени П.А. Соловьева, РФ, г. Рыбинск

Известны математические модели распространения вирусов (червей) в компьютерных сетях. Обзор таких моделей содержится в [5]. В настоящей работе приведен анализ одноэтапной модели, получившей сокращенное обозначение SIR – модель («Susceptible – Infected – Removedmodel»). Предполагается, что в SIR-модели компьютеры могут находиться в следующих состояниях: ( $S$ ) – компьютер работоспособен, но уязвим для заражения вирусом; ( $I$ ) – компьютер заражен; ( $R$ ) – компьютер невосприимчив к заражению данным вирусом. Однако, при одинаковых трех состояниях, возможны различные SIR-модели, отличающиеся переходами из одного состояния в другое.

Обозначим:  $t$  – время; количественные характеристики объектов данной модели следующие:  $N$  – общее количество компьютеров в сети;  $S(t)$  – количество работоспособных компьютеров, уязвимых для заражения данным вирусом;  $I(t)$  – количество инфицированных компьютеров;  $R(t)$  – количество компьютеров невосприимчивых к заражению данным вирусом.

Приведем краткое словесное описание SIR-модели. Вирус, распространяясь от одного первоначально инфицированного компьютера, заражает уязвимые компьютеры ( $S \xrightarrow{\beta} I$ ). Процесс заражения характеризуется некоторым параметром, для которого примем обозначение  $\beta$ . Параметр  $\beta$  считаем константой. Инфицированные компьютеры с постоянной частотой  $\mu$  излечиваются от вируса и становятся невосприимчивыми ( $I \xrightarrow{\mu} R$ ); уязвимые компьютеры  $S$  приобретают «иммунитет» от заражения также с частотой  $\mu$  ( $S \xrightarrow{\mu} R$ ).

Формальное описание модели SIR

Приведенная выше SIR-модель распространения вируса описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta SI - \mu S, \\ \frac{dI}{dt} = \beta SI - \mu I, \\ \frac{dR}{dt} = \mu I + \mu S \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями  $S(t_0) = S_0 > 0$ ;  $I(t_0) = I_0 > 0$ ;  $R(t_0) = R_0 = 0$ . Кроме того, при любом  $t_0 \leq t \leq T$  должно выполняться равенство

$$S(t) + I(t) + R(t) = N. \quad (2)$$

Здесь  $[t_0, T]$  – интервал времени, на котором анализируется распространение вируса.

Сравним SIR-модель (1) с другой SIR-моделью, содержащейся в работах [1, 3, 5]. Система дифференциальных уравнений для этой модели имеет вид

$$\begin{cases} \frac{ds}{dt} = -\beta is, \\ \frac{di}{dt} = \beta is - \gamma i, \\ \frac{dr}{dt} = \gamma i \end{cases} \quad (3)$$

В (3) сохранены обозначения работы [1]:

$$s = \frac{S}{N}; i = \frac{I}{N}; r = \frac{R}{N}; \gamma - \text{частота}, \beta - \text{параметр, имеющий тот же смысл, что и в системе}$$

(1). Явные аналитические зависимости для функций  $s(t)$ ,  $i(t)$  для модели (3), в работах [1, 3, 5] не приведены. В других источниках, доступных авторам настоящей работы, явные аналитические выражения для  $s(t)$ ,  $i(t)$  также отсутствуют. В [3] при анализе SIR-модели (3) высказано следующее уточнение: «в реальных условиях «иммунитет» посредством установки антивирусного программного обеспечения, межсетевых экранов и «заплат» приобретают не только инфицированные узлы ( $I$ ), но и уязвимые ( $S$ )». При этом принимается допущение, что средняя скорость иммунизации примерно одинакова для уязвимых и инфицированных компьютеров. Данное уточнение при замене термина «скорость» на термин «частота» при  $N = \text{const}$  приводит к SIR- модели (1).

Получим явные аналитические выражения для  $S(t)$ ,  $I(t)$ ,  $R(t)$  для SIR-модели (1). Запишем третье уравнение системы (1) в виде

$$\frac{dR}{dt} = \mu(N - R) \quad (4)$$

Найдем решение уравнения (4) для некоторых произвольных начальных условий  $t_0$  и  $R(t_0)=R_0$ . Введем новую переменную  $z = \mu(N - R)$

$$\text{Тогда } \frac{dz}{dt} = -\mu \frac{dR}{dt}; \frac{dR}{dt} = -\frac{1}{\mu} \frac{dz}{dt}$$

и уравнение (4) принимает вид  $-\frac{1}{\mu} \frac{dz}{dt} = z; \frac{dz}{z} = -\mu dt; \ln z = -\mu t + \ln C$ .

Отсюда находим

$$z = C e^{-\mu t}, \mu(N - R) = C e^{-\mu t} \text{ и } R(t) = N - \frac{C}{\mu} e^{-\mu t}.$$

Из начальных условий:  $t_0, R(t_0) = R_0$ , найдем  $C$ :

$$R(t_0) = R_0 = N - \frac{C}{\mu} e^{-\mu t_0}; C = \mu(N - R_0)e^{\mu t_0}. \quad (5)$$

С учетом (5) явное выражение для  $R(t)$  имеет вид

$$R(t) = N - (N - R_0)e^{-\mu(t-t_0)} \quad (6)$$

При  $t=t_0$  из (6) получим, что  $R(t_0) = R_0$  и при  $R_0=0$

$$R(t) = N(1 - e^{-\mu(t-t_0)}) \quad (7)$$

что при  $t_0=0$  для нормированной величины  $r = \frac{R}{N}$  совпадает с выражениями, содержащимися в работах [5], [3].

Теперь найдем явные выражения для функций  $S(t)$  и  $I(t)$ . Вывод этих выражений для функций  $S(t)$  и  $I(t)$ . Вывод этих выражений аналогичен выводу выражений для функций  $S(t)$  и  $I(t)$  в работе [2], посвященной анализу двухэтапной математической модели распространения компьютерных вирусов.

Однако из-за различных отличий исходных систем уравнений и начальных условий приведем здесь этот вывод полностью.

Запишем первое и второе уравнение системы (1) как отдельную систему

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta SI - \mu S, \\ \frac{dI}{dt} = \beta SI - \mu I \end{cases} \quad (8)$$

с начальными условиями:  $S(t_0) = S_0$ ,  $I(t_0) = I_0$ . В справочнике [4, стр. 54] под номером 9.2 приведена система уравнений

$$\begin{cases} x' = (ay + b)x, \\ y' = (cx + d)y \end{cases} \quad (9)$$

и ее решение в виде

$$y^b e^{ay} = C x^d e^{cx}. \quad (10)$$

в (9) и (10):  $x' = \frac{dx}{dt}$ ;  $y' = \frac{dy}{dt}$ ;  $a, b, c, d$  – постоянные величины,  $C$  – произвольная постоянная

интегрирования. Система (8) есть частный случай системы (9). Действительно, положим в (9) и (10), что  $x = S$ ;  $y = I$ ;  $a = -\beta$ ;  $c = \beta$ ;  $b = d = -\mu$ .

Тогда из (9) получим систему (8), а решение (10) будет иметь вид

$$I^{-\mu} e^{-\beta I} = C S^{-\mu} e^{\beta S}$$

Или

$$S^\mu e^{-\beta I} = C I^\mu e^{\beta S}; \quad S^\mu e^{-\beta(I+S)} = C I^\mu; \quad S^\mu e^{-\beta(N-R)} = C I^\mu, \quad (11)$$

где  $R$  определяется выражением (7) и

$$N - R(t) = N e^{-\mu(t-t_0)} \quad (12)$$

Из (11) и начальных условий при  $t = t_0$  найдем произвольную постоянную интегрирования

$$C = \left( \frac{S_0}{I_0} \right)^\mu e^{-\beta N} \quad (13)$$

Также из (11) выразим функцию  $I$ :

$$I^\mu = \frac{1}{C} S^\mu e^{-\beta(N-R)}; \quad I = \frac{1}{\sqrt[\mu]{C}} S e^{-\frac{\beta}{\mu}(N-R)}$$

Подставим  $N - R(t)$  из (12) и, указывая аргумент  $t$  у всех функций, получим

$$I(t) = \frac{1}{C^\mu} S(t) \exp\left(-\frac{\beta}{\mu} N e^{-\mu(t-t_0)}\right). \quad (14)$$

Здесь

$$C^\mu = \frac{S_0}{I_0} e^{-\frac{\beta}{\mu} N} \quad (15)$$

Заметим, что (14) и (15) отличаются от соответствующих выражений в работе [2] только индексами в обозначении начальных условий. Подставим (15) в (14). Получим

$$I(t) = \frac{I_0}{S_0} e^{\frac{\beta}{\mu} N} e^{\frac{(-\beta N e^{-\mu(t-t_1)})}{\mu}} S(t).$$

Или

$$I(t) = \frac{I_0}{S_0} e^{\frac{\beta}{\mu} R(t)} S(t), \quad (16)$$

где  $R(t)$  определяется (7).

Из (2) и (12) найдем явное выражение для функции  $S(t)$

$$N - R(t) = S(t) + I(t) = S(t) + \frac{I_0}{S_0} e^{\frac{\beta}{\mu} R(t)} S(t).$$

Отсюда

$$S(t) = \frac{N - R(t)}{1 + \frac{I_0}{S_0} \exp\left(\frac{\beta}{\mu} R(t)\right)} \quad \text{или} \quad S(t) = \frac{S_0(N - R(t))}{S_0 + I_0 \exp\left(\frac{\beta}{\mu} R(t)\right)}, \quad (17)$$

где  $N - R(t)$  определяется (12), а  $R(t)$  определяется (7). Подставим (17) в (16), получим

$$I(t) = I_0 e^{\frac{\beta}{\mu} R(t)} \frac{N - R(t)}{S_0 + I_0 e^{\frac{\beta}{\mu} R(t)}} \quad (18)$$

Полученные явные выражения (17) и (18) позволяют определить значения функций  $S(t)$  и  $I(t)$  для произвольного момента времени  $t$ , не прибегая к численному решению системы дифференциальных уравнений. Эти же формулы позволяют производить сравнительный анализ одноэтапной SIR-модели и двухэтапной PSIDR-модели, рассмотренной в работе [2]. Отметим также: несмотря на внешнее сходство формул (17) и (18) с соответствующими выражениями для функций  $S(t)$  и  $I(t)$  для второго этапа PSIDR-модели, полученными в работе [2], между ними существует различие. Это различие заключается в начальных условиях. В PSIDR-модели длительность первого этапа – конечна. В рассмотренной здесь SIR-модели начальный момент времени  $t_0 > 0$  может быть величиной бесконечно малой, а также возможно значение  $t_0$ , равное нулю.

#### Список литературы

1. Leveille J. Epidemic spreading in technological networks. Technical report HPL – 2002 – 287, HP Laboratories Bristol, October 2002.
2. Барашков В.М., Задорина Н.А. Анализ двухэтапной математической модели распространения компьютерных вирусов. Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом./ Сборник научных трудов по итогам научно-практической конференции №5. Новосибирск. – НН: Ицрон, 2018.
3. Захарченко А.А. Черводинамика: причины и следствия. Защита информации. - Конфидент, 2004, №2, с. 50-55.
4. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Наука, 1976.
5. Котенко И.В., Воронцов В.В. Аналитические модели распространения сетевых червей. Труды СПИИРАН. Вып. 4. – СПб: Наука, 2007.

#### СЕКЦИЯ №21.

#### МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД

### Январь 2018г.

V Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2018 г.

### Февраль 2018г.

V Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2018 г.

### Март 2018г.

V Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2018 г.

### Апрель 2018г.

V Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2018 г.

### Май 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2018 г.

### Июнь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2018 г.

### Июль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук»**, г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2018 г.

#### **Август 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция **«Технические науки в мире: от теории к практике», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2018 г.

#### **Сентябрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция **«Современный взгляд на проблемы технических наук», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2018г.

#### **Октябрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция **«Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2018г.

#### **Ноябрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция **«Новые технологии и проблемы технических наук», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2018 г.

#### **Декабрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция **«Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2018 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2019 г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Технические науки»).

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Развитие технических наук  
в современном мире**

**Выпуск V**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 декабря 2018 г.)**

**г. Воронеж**

**2018 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки  
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород

Подписано в печать 10.12.2018.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 4,1.  
Тираж 250 экз. Заказ № 123.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.