



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№10(90)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2025



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам ХС международной
научно-практической конференции*

№ 10 (90)
Ноябрь 2025 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2025

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редакционной коллегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Мартышкин Алексей Иванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы» Пензенского государственного технологического университета;

Немирова Любовь Федоровна – канд. техн. наук, доц. кафедры конструирования и технологии изделий легкой промышленности, ГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», ООО «МИНСП»;

Старченко Ирина Борисовна – д-р техн. наук, профессор, эксперт РАН, зам. директора по учебно-научной работе, Политехнический институт (филиал) ДГТУ в г. Таганроге;

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич – д-р техн. наук, доцент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан, г. Ташкент.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам ХС междунар. науч.-практ. конф. – № 10(90). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 34 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ББК 22+3

ISSN 2541-8394

© «МЦНО», 2025

Оглавление

Технические науки	4
Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Авиационная и ракетнокосмическая техника	4
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВОЧНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С СИСТЕМОЙ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СОСТАВЕ Болтнева Анна Сергеевна Филиппова Александра Никитична	4
1.2. Информатика, вычислительная техника и управление	13
ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ СЕГМЕНТОВ ПЛАТФОРМ МЕЖДУНАРОДНОГО ИННОВАЦИОННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА Степанова Елена Борисовна Тиренни Анастасия Юрьевна	13
1.3. Транспортное, горное и строительное машиностроение	19
ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА С Z-ОЦЕНКАМИ И ВЗВЕШЕННОЙ СУММОЙ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ГРОХОТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Емцов Валерий Алексеевич Зедгенизов Виктор Георгиевич	19
1.4. Энергетика	26
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Медведев Павел Всеволодович Воеводина Марина Александровна	26
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ Титов Сергей Михайлович	30

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОР- ТИРОВОЧНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С СИСТЕМОЙ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СОСТАВЕ

Болтнева Анна Сергеевна

*ведущий инженер-конструктор
АО «НПО Лавочкина»,
РФ, г. Химки*

Филиппова Александра Никитична

*ведущий инженер-конструктор
АО «НПО Лавочкина»,
РФ, г. Химки*

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING A TRANSPORT FLIGHT APPLIANCE WITH A THERMOSTATING SYSTEM IN A RAILWAY TRAIN

Boltnyeva Anna Sergeevna

*Leading design engineer,
Lavochkin Association,
Russia, Khimki*

Filippova Alexandra Nikitichna

*leading design engineer
Lavochkin Association,
Russia, Khimki*

Аннотация. Транспортировка ракет и частей ракет по железной дороге является одним из самых дешёвых способов доставки. Однако передвижение по ЖД накладывает определённые требования на груз, в частности габаритные размеры (диаметр) блоков. Данные требования обусловлены препятствиями, которые могут возникать на пути железнодорожного состава, такие как туннели и мосты.

В данной статье рассматривается техническое предложение для летательного аппарата, движущегося в составе поезда и предназначенного для переноса вагона с габаритным грузом через данные препятствия.

Одной из основных задач конструирования данного устройства является проектирование системы термостатирования перевозимого груза и обеспечения энергией этой системы.

Abstract. Transporting a rocket and its components by rail is one of the cheapest shipping methods. However, rail transport imposes certain requirements on the cargo, specifically the overall dimensions (diameter) of the components. These requirements are driven by obstacles that may arise along the train's route, such as tunnels and bridges.

This article examines a technical proposal for an aircraft traveling within a train and designed to carry a railcar with oversized cargo over these obstacles.

One of the main tasks in designing this device is to design a thermostatic system for the transported cargo and to provide energy to this system.

Ключевые слова: система термостатирования, холодопроизводительности, железнодорожные пути, система электрификации железнодорожных путей.

Keywords: thermostatic control system, refrigeration capacity, railway tracks, railway electrification system.

Исходными данными для системы термостатирования являются габаритные размеры термостатируемого пространства, параметры наружного воздуха, параметры воздуха внутри термостатируемого пространства, наличие и мощности источников внутреннего тепла.

Так как система термостатирования должна быть рассчитана на обеспечение тепло-влажностного режима любого перевозимого груза, необходимо определить максимальный объём термостатирования. Примем,

что термостатируемый объект перевозится в стальном вагоне с габаритными размерами 20 x 5 x 5 м.

Стенка имеет толщину 18 мм. Примем, что изоляция вагона отсутствует, в этом случае расчётная потребная мощность системы термостатирования окажется больше реальной потребной мощности. Оребрением стенки вагона пренебрежём.

Внутри вагона должны быть обеспечены нормальные условия: $t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$ – температура воздуха при нормальных условиях, $\phi = 55\%$ – относительная влажность при нормальных условиях, $B = 8\%$ – запылённость воздуха [1, с. 268].

Для расчёта летнего и зимнего режимов термостатирования параметры наружного воздуха следует принять максимально возможными. Для летнего режима будут приняты параметры воздуха на космодроме «Байконур», для зимнего – на космодроме «Плесецк». Данные параметры воздуха для летнего и зимнего режимов приведены в таблице.

Таблица.

Параметры наружного воздуха

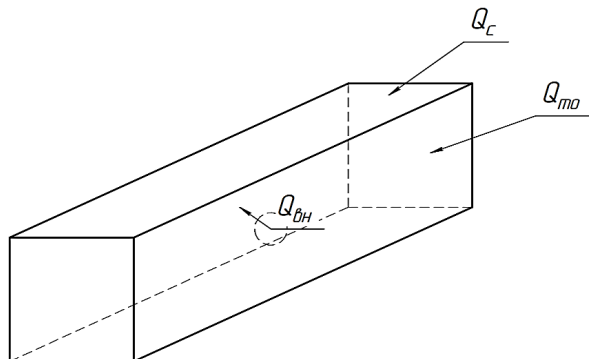
Параметр	Значение	
	Летний режим	Зимний режим
$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	+ 50	- 50
$\phi, \%$	10	100

Для расчёта примем, что объём приточного воздуха A составляет 100 %.

Внутри термостатируемого объекта может находиться электрооборудование, которое также будет выделять дополнительное тепло. Примем количество выделяемого тепла $Q_{\text{вн}}$ равным 616 ккал/ч [2, с. 25].

Для расчёта зимнего режима термостатирования примем отсутствие источника внутреннего тепла.

Примем, что элементы системы термостатирования внутри летательного аппарата хорошо изолированы.



**Рисунок 1. Схема теплообмена летнего режима
термостатирования**

Расчёт мощности системы термостатирования для летнего режима представлен на рисунке 1.

где:

$Q_{\text{вн}}$ – теплоприток от внутреннего источника тепла;

$Q_{\text{с}}$ – теплоприток от солнечного излучения (идёт через верхнюю стенку (крышу) и 2 боковые стенки);

$Q_{\text{то}}$ – теплоприток от теплообмена через стенку (идёт через все стенки вагона).

$$Q_{\text{вн}} = 616 \text{ ккал/ч} = 0.72 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{то}} = \frac{(t_{\text{н}} - t_{\text{вн}}) \cdot F_{\text{то}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}} = \frac{(50 - 20) \cdot 450}{\frac{1}{2.9} + \frac{0.018}{46.5} + \frac{1}{4.1}} = 23 \text{ кВт},$$

где:

$\alpha_{\text{н}}, \alpha_{\text{вн}}$ – коэффициент теплоотдачи наружного и внутреннего воздуха соответственно;

λ_1 – коэффициент теплопроводности через стенку;

δ_1 – толщина стенки;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутреннего воздуха;

$F_{\text{то}}$ – площадь лучистого теплообмена.

$$Q_c = A \cdot 1360 \cdot \frac{\sin h}{\sin h + \frac{1-p}{p}} \cdot F_c = 0.55 \cdot 1360 \cdot \frac{\sin h}{\sin h + \frac{1-1}{1}} \cdot 225 = 169 \text{ кВт},$$

где:

h – угол подъема солнца над горизонтом;

p – прозрачность атмосферы;

F_c – площадь теплообмена за счёт солнечного излучения.

Составим уравнение теплового баланса:

$$\Delta Q = Q_{\text{вн}} + Q_{\text{то}} + Q_c = 0.72 + 23 + 169 = 192.72 \text{ кВт}$$

Так как $\Delta Q > 0$, следовательно, лишнее тепло необходимо отводить.

Учитывая ограничения по массе и габаритам холодильной машины, которые накладываются летательным аппаратом, использование компрессионной холодильной машины не целесообразно. В настоящее время в авиационной технике всё больше используются охладители, работа которых основана на принципе Пельтье [5, с. 11].

Для оценки массы холодильной машины необходимой холодопроизводительности рассчитаем массу эквивалентного количества элементов Пельтье модели TEC1-12706 мощностью 53 Вт, массой 20 г (максимальная разница температур с окружающей средой 68°C):

$$m_{\text{ХМ}} = \frac{\Delta Q}{N_{\text{эл}}} \cdot m_{\text{эл}} = \frac{192.72 \cdot 10^3}{53} \cdot 0.02 = 72.8 \text{ кг}$$

где:

$m_{\text{ХМ}}$ – масса эквивалентного количества элементов Пельтье;

$N_{\text{эл}}$ – мощность одного элемента Пельтье;

$m_{\text{эл}}$ – масса одного элемента Пельтье.

Уменьшение массы и, соответственно, увеличение мощности этих элементов возможно за счёт изменения материала теплоперехода. Наиболее используемым является оксид алюминия Al_2O_3 с теплопроводностью 25 Вт/(м·К). Его возможно заменить на нитрид алюминия AlN с теплопроводностью 180 Вт/(м·К), однако это приведёт к существенному удорожанию холодопроизводящего элемента.

Ещё одним недостатком является увеличение потребной мощности холодильной установки на 80%. Отсюда получим:

$$N_{\text{л}} = \Delta Q \cdot 180 \% = 192.72 \cdot 10^3 \cdot 180 \% = 346.90 \text{ кВт}$$

Так как элементы Пельтье представляют собой достаточно тонкие пластины, то при оптимальном их размещении их размерами можно пренебречь.

Расчёт мощности системы термостатирования для зимнего режима представлен на рисунке 2.

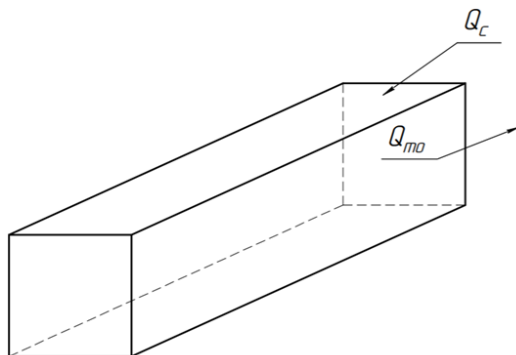


Рисунок 2. Схема теплообмена зимнего режима термостатирования

Q_c – теплоприток от солнечного излучения (идёт через верхнюю стенку (крышу) и 2 боковые стенки);

$Q_{то}$ – теплоприток от теплообмена через стенку (идёт через все стенки вагона).

$$Q_{то} = \frac{(t_{вн} - t_{н}) \cdot F_{то}}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_{вн}}} = \frac{(20 + 50) \cdot 450}{\frac{1}{2.9} + \frac{0.018}{46.5} + \frac{1}{6.25}} = 63 \text{ кВт},$$

где:

$\alpha_n, \alpha_{вн}$ – коэффициент теплоотдачи наружного и внутреннего воздуха соответственно;

λ_1 – коэффициент теплопроводности через стенку;

δ_1 – толщина стенки;

t_n – температура наружного воздуха;

$t_{вн}$ – температура внутреннего воздуха;

$F_{то}$ – площадь лучистого теплообмена.

$$Q_c = 0,$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$\Delta Q = -Q_{\text{то}} + Q_{\text{с}} = -63 \text{ кВт}$$

Так как $\Delta Q < 0$, следовательно, недостающее тепло необходимо подводить.

Анализ результатов расчёта. Так как $N_{\text{л}}$ при летнем режиме по модулю больше, чем ΔQ при зимнем режиме, то за $N_{\text{потр}}$ примем $N_{\text{л}}$.

Рассчитанная $N_{\text{л}}$ представляет собой потребляемую мощность холодильной машины. Также необходимо учесть мощность воздушного насоса. Для этого найдём объёмный расход воздуха при летнем режиме [3, с 63].

$$L = \frac{\Delta Q}{C_p \cdot \Delta T_{\text{вн}} \cdot \rho} = \frac{192.72}{1.007 \cdot 4 \cdot 1.27} = 37.7 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Выберем эквивалентное количество воздушных насосов с максимальным расходом 2098 м³/ч. Тогда эквивалентная мощность составит:

$$N_{\text{н}} = N_{1\text{н}} \cdot n_{\text{н}} = 0.357 \cdot 18 = 6.5 \text{ кВт}$$

Максимальная потребная мощность системы термостатирования:

$$N_{\text{потр}} = N_{\text{л}} + N_{\text{н}} = 346.90 + 6.5 = 353.4 \text{ кВт} \approx 354 \text{ кВт}$$

Выбор метода обеспечения электроэнергии для термостатирования.

Вагон-дизель-электростанция предназначен для выработки электроэнергии для питания силовых установок, приборов и системы освещения помещений грузовых вагонов.

В дизельном отделении установлены два дизель-генератора типа ДГМА-75 мощностью 75 кВт каждый, трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 400 В, а также различное вспомогательное оборудование (системы охлаждения дизелей, насосы, преобразователи, баки и др.) [4].

Дизели оборудованы автоматической защитой от аварийного увеличения частоты вращения, от перегрева воды и масла, и падения давления в системе смазки.

Для питания стартеров, свечей накала зажигания дизелей, систем освещения, автоматики и контроля имеются аккумуляторные батареи.

Батареи подзаряжают от дизель-генераторной установки, а при неработающих дизель-генераторах – от подвагонного генератора с приводом от колесной пары.

В служебном помещении находятся силовые щиты с распределительными устройствами и приборами автоматики и контроля температуры.

Передача электроэнергии к силовым установкам и всем приборам грузовых вагонов секции производится по подвагонным магистралям и междувагонными соединениями со штепсельными разъемами.

Исходя из максимальной мощности одного вагона дизель-электростанции в 150 кВт, для обеспечения энергией системы термостатирования в составе поезда необходимо предусмотреть 3 таких вагона.

Электрифицированные участки железных дорог оборудованы контактными сетями. В России это сети постоянного тока с напряжением 3 кВ и сети переменного тока с напряжением 30 кВ.

Питание от таких сетей обеспечивается с помощью токоприёмников. Уровень напряжения на токоприёмнике, а должен быть не менее 21 кВ при переменном токе, 2,7 кВ при постоянном токе и не более 29 кВ при переменном токе и 4 кВ при постоянном токе.

Контактные сети рассчитаны на мощность до нескольких тысяч кВт.

Недостатком использования питания от контактной сети является то, что не все железные дороги на данный момент электрифицированы. Следовательно, использование этого метода ограничено электрификацией ЖД-путей.

Сопоставляя карты ЖД путей и их электрификации, можно сделать вывод о целесообразности использования токоприёмников в качестве основного источника питания системы термостатирования и зарядки летательного аппарата после полёта.

Железные дороги, идущие до космодромов Плесецк и Восточный электрифицированы по системе переменного тока, что позволяет не использовать вагоны дизель-электростанции для питания систем транспортного модуля.

При движении на космодром Капустин Яр присутствует не электрифицированный участок железной дороги протяжённостью 75 км. Учитывая данные о мощности аккумуляторов и дальности полёта транспортного модуля, можно сделать вывод, что при оптимизации энергопотребления систем и массе груза ниже предельного значения возможно перемещение летательного аппарата с грузом до космодрома с последующей зарядкой на космодроме Капустин Яр. Это также позволит не использовать вагоны дизель-генераторы, а также использовать электровозы в качестве локомотивов вместо дизельных локомотивов.

Участки путей из России в Казахстан не электрифицированы, поэтому на пути по железной дороге Казахстана до космодрома Байконур необходимо использовать вагоны дизель-электростанции, а также дизельные локомотивы.

В ходе расчёта было определено максимальное энергопотребление системы термостатирования, максимальная потребляемая мощность $N_{\text{потр}}$ составила 354 кВт.

Данная мощность может быть обеспечена только контактными сетями на пути до космодромов Плесецк и Восточный, контактными сетями и тремя вагонами дизель-электростанциями мощностью 150 кВт каждый на не электрифицированных участках ЖД-путей на пути до космодромов Байконур и Капустин Яр.

Снижение энергозатрат на обеспечение питания системы термостатирования и других систем транспортного модуля возможно за счёт оптимизации энергопотребления этих систем. Задача оптимизации энергопотребления, подбора и разработки оборудования и элементов системы термостатирования будет решена в следующей работе.

Список литературы:

1. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю., Звягинцева С.М., Мурашко В.П., Седых И.В.: Учеб. пособие. – 3-е изд. – Изд-во "Диксис Трейдинг", 2001. – 416 с. с ил.
2. Расщепкин А.Н., Архипова Л.М. Основы теории кондиционирования воздуха: Учебное пособие. /Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2006. – 78 с.
3. Аверкин А.Г., Примеры и задачи по курсу "Кондиционирование воздуха и холодоснабжение": Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 126 с.
4. <http://www.aswn.ru/design/freightcars/izotermicheskie/powerstation> (дата обращения: 01.10.2025)
5. Булат Л.П., Бузин Е.В. Термоэлектрические охлаждающие устройства: Метод. Указания для студентов спец. 070200 «Техника и физика низких температур». – СПб: СПбГУНиПТ, 2001. – 41 с.

1.2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ СЕГМЕНТОВ ПЛАТФОРМ МЕЖДУНАРОДНОГО ИННОВАЦИОННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Степанова Елена Борисовна

*канд. физ.-мат. наук,
руководитель группы
Интегрированные системы,
доцент, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»,
РФ, г. Москва*

Тиренни Анастасия Юрьевна

*д-р хим наук,
группа Интегрированные системы,
выпускник аспирантуры Национального
исследовательского ядерного
университета «МИФИ»,
РФ, г. Москва*

KEY-MODELS COMPLEX FOR INTERNATIONAL INNOVATIVE COLLABORATION PLATFORMS SEGMENTS FORMATION AND DESCRIBING

Stepanova Elena Borisovna

*Candidate of Science,
Integrated Systems Group, associate Professor,
National Research Nuclear University
MEPHI Moscow Engineering Physics Institute,
Russia, Moscow*

Tirenni Anastassia Yurievna

*Doctor of Natural Sciences,
Integrated Systems Group, PhD graduates,
National Research Nuclear University
MEPHI Moscow Engineering Physics Institute,
Russia, Moscow*

Аннотация. Особенности разработки аналитических моделей комплекса описания и проектирования сегментов платформ инновационного сотрудничества рассмотрены на основе применения таких направлений прикладной математики, как матричная алгебра, теория множеств, теория нечетких множеств.

Для проектирования визуальных описаний применены процессно-ориентированные методы в концепции Archicture of Integrated Systems (ARIS). Обсуждаются особенности формирования структурированной информации для руководителей проектов и владельцев бизнес-хабов, лежащей в основе применения процессных методов управления контекстом платформы.

Включение адаптированных для учебных целей материалов исследования в качестве примеров для профильных дисциплин для магистров, обучающихся по университетским циклам, показало перспективу использования развитых подходов также для задач повышения квалификации персонала, обеспечивающего функционирование ресурсов международных проектов.

Abstract. Analytical models development for complex of innovative collaboration platforms segments models considered on the applied mathematics bases such as matrix algebra, fuzzy set theory.

Process-oriented methods and Archicture of Integrated Systems (ARIS) consept were used to develope visual descriptions.

Generating structured information elements discussed for project managers and business hub owners, which underlines the application of process-based methods for digital platform context managing. Research materials adapted for educational purposes used in the complex of university cycles disciplines for master's degree students. The potential also demonstrated for personnel qualifications raises in international projects.

Ключевые слова: информационная система, инновационные предприятия, многопараметрические данные, моделирование, визуализация аналитических моделей, платформа, международное сотрудничество.

Keywords: information system, innovative enterprises, multi-parameter data, modeling, analytical models visualization, platform, and international cooperation.

Развитие цифровых платформ, предназначенных для поддержки процессов инновационного проектирования в различных областях деятельности, в первую очередь связано со стремлением как государственных, так и бизнес-структур обеспечить взаимодействие специалистов, получивших образование в различных университетах и возможно работающих на разных национальных языках, а также обеспечить руководителям проектов прямой контакт со специалистами [1, с. 58-61], чтобы можно было оценить способность страны или региона включить в проект свои национальные кадры и/или пригласить для усиления команды выпускников профильных университетов из стран-соисполнителей проекта.

Особое значение имеет задача проектирования, реализации и ведения платформ международного инновационного сотрудничества для стран, в которых высокими темпами развиваются такие направления, как Smart Cities [2, электронный ресурс], анализ и прогнозирование работы с энергоносителями, исследования по модификации информационных и технологических структур. А также моделирование и прогнозирование инвестиционных процессов [3, с. 182], анализ финансовых данных от различных источников и различного назначения, развитие направлений восстановления и мониторинга первичных поступивших в информационную систему данных, до процедур их вероятностной и прогнозной обработки.

При этом упор делается именно на поддержку сегментов Start-up, In-sourcing, Out-sourcing, которые связаны с платформой [4, с. 8] и деятельность которых направлена на разработку описаний новых, сложных процессов, а также процессов в новой области деятельности, что фактически является определением и подтверждением инновационности выполняемых разработок.

Состав матрицы ключевых процессов для таких задач с необходимостью включает как основной набор нотаций, в первую очередь это организационные модели, функциональные, модели процессов, терминологические модели, так и описание аргументов по выбору и основные составляющие модели жизненного цикла, а также группу моделей финансового анализа.

Необходимо подчеркнуть, что именно наличие многопараметрических данных, акцент на разработку Web-ориентированных рабочих мест для всех участников инновационных процессов, то есть обеспечение внутренних и внешних участников ключевых процессов функционалом,

необходимым и достаточным для ведения работ в соответствии с их ролями и возможно делегированными владельцем процесса правами, обуславливает необходимость разработки и анализа аналитических моделей для основных характеристик сегментов платформы.

Такой подход к первую очередь позволяет выделить точки повышенного риска бизнес и технологических конфликтов, а также конфликтов, связанных с применением процессного метода управления сегментами и платформой в целом.

Для владельцев платформ и бизнес-хабов, несомненно, актуальным средством представляется комплекс визуальных моделей, которые могут применяться как в активном виде, то есть быть связаны с платформой, храниться в репозитории, как составляющей части централизованного хранилища данных. Так и возможна пассивная форма, то есть визуализация рабочей на данный момент времени модели, которая применяется в виде готовой, фиксированной формы и может быть выведена на монитор рабочего места пользователя платформы, на экран большого размера в помещении, где происходит обсуждение работ, или предоставляться в виде документа удаленным соисполнителям проекта.

Сложный характер многопараметрических данных, присутствие в системе структурированной, слабоструктурированной и неструктурированной информации, а также важность на каждом этапе принимать решение о хранении или сторнировании мета-данных, предопределяет тот факт, что для разработки аналитических моделей необходимо использовать математический аппарат, соответствующий уровню сложности данных и типу сегментов.

В данной работе проведено описание функций организации для выделенных сегментов платформы на основе математического аппарата матричной алгебры и теории множеств.

Под организационной моделью как в аналитическом виде, так и при разработке модели на платформе визуализации Architecture of Integrated Systems (ARIS), понимают системное описание, включающее матрицу процессов и объектов.

Определено количество уровней объекта. Выделенные Web-сервисы Start-up, In- and Out-sourcing относятся к числу малофункциональных. В соответствии с рекомендациями международного стандарта ISO 12207, применяемого в распределенных и транснациональных проектах в упомянутых регионах, выделены и рассмотрены несколько уровней, которые соответствуют различным по типу процессам.

Внимание уделено в первую очередь основным процессам, связанным с разработкой инновационного продукта, а также процессам организационного блока, которые определяют характер связи сегмента с центром

управления платформой, плюс блок процессов, описывающих задачи и режим поддержки работы рассматриваемого сегмента как составляющей части платформы.

Описание основных множеств факторов, которые влияют на деятельность структуры, в матричной форме, определение вида общего члена множеств и возможно скрытой функциональной зависимости от общего члена другого множества, соответствующего другому фактору, позволяет понять, какие из выделенных факторов влияют на выполнение блока основных процессов.

Это дает возможность руководителю проекта или владельцу бизнеса принять обоснованное решение о выделении финансирования именно для данного сегмента, связанного с платформой, тем самым подтверждая решение или наоборот привлекая внимание к расхождению с решением, получаемым на основе применения методов пробно-ориентированных парадигм управления для ведения платформы.

Руководителю или владельцу бизнес-хаба на основе анализа информации, получаемой от каждого из сегментов, и применяя разработанные на основе теории нечетких множеств рекомендации по обработке данных и типовые формы, предоставлен инструмент объективной оценки соответствия внутренних участников проектов и привлекаемого персонала возникающим требованиям к квалификации, опыту и доказанным результатам в виде деятельности.

На основе проведенных исследований разработан комплект методических пакетов в электронном видео.

Комплект применен при постановке и проведении профильных дисциплин магистратуры, эксплуатировался более 3 лет.

Интерес студентов к материалу, как к теоретической части, так и к выводам по практическому применению развитых аналитических и процессных моделей для описания сегментов платформ различного уровня сложности и типа, показывает также перспективность использования комплекта в системе повышения квалификации и переподготовки персонала в проектах, выполняемых на основе адаптивной модели жизненного цикла.

Список литературы:

1. Novikov D. A., Chkhartishvili A. G. Mathematical Models of Informational and Strategic Reflexion: a Survey // *Advances in Systems Science and Applications*. 2014. № 3. P. 254 – 277.
2. Проект «Smart City Algeria». Портал проекта [Электронный ресурс] [Режим доступа: http://www.xinhuanet.com/english/2018-06/28/c_137285443.htm];
3. Dr Hartani Riad. Empowering Technology Startups Fostering Innovation in Saudi Arabia. // [Режим доступа: <https://idea.untapcompete.com>].

4. Степанова Е.Б., Левченко А.А., Тиренни А. Ю. Моделирование и визуализация процессов в международных проектах. Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей: Сборник научных трудов XVII Международной научнопрактической конференции (23 – 25 октября 2012 г.). – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2012. С. 181-182.
5. Платформа интеллектуального взаимодействия как метод укрепления международного сотрудничества. Нофаль А., Абудан А.Ф.Ф., Тиренни А.Ю. В книге: Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2021. С. 6-12.

1.3. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА С Z-ОЦЕНКАМИ И ВЗВЕШЕННОЙ СУММОЙ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ГРОХОТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Емцов Валерий Алексеевич

аспирант,

Иркутский национальный

исследовательский технический университет,

РФ, г. Иркутск

Зедгенизов Виктор Георгиевич

д-р техн. наук, профессор,

Иркутский национальный

исследовательский технический университет,

РФ, г. Иркутск

APPLICATION OF MULTI-CRITERIA ANALYSIS WITH Z-SCORES AND WEIGHTED SUM FOR SELECTING THE OPTIMAL VIBRATING SCREEN IN INDUSTRY

Emtsov Valerii Alekseevich

PhD student,

Irkutsk National Research Technical University,

Russia, Irkutsk

Zedgenizov Viktor Georgievich

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Irkutsk National Research Technical University,

Russia, Irkutsk

Аннотация. В статье рассмотрено применение многокритериального анализа для оптимального выбора грохота в горной промышленности и строительстве, где традиционные методы часто бывают субъективными

и ограничиваются одним критерием, например, удельной энергоемкостью. Представлен комплексный подход, включающий нормализацию параметров грохотов с помощью z-оценок и назначение весов критериям на основе экспертной оценки. Каждый критерий был учтен с разной степенью важности, причем основной акцент сделан на мощности как ключевом факторе энергоэффективности.

Abstract. The article discusses the application of multi-criteria analysis for the optimal selection of a screen in the mining industry and construction, where traditional methods are often subjective and limited to one criterion, for example, specific energy consumption. A comprehensive approach is presented, including normalization of screen parameters using z-scores and assigning weights to criteria based on expert assessment. Each criterion was taken into account with varying degrees of importance, with the main emphasis placed on power as a key factor in energy efficiency.

Ключевые слова: Многокритериальный анализ; выбор грохота; горная промышленность; энергетическая эффективность; взвешенная оценка; технические параметры оборудования; оптимизация процессов.

Keywords: Multiple-criteria analysis; screen selection; mining industry; energy efficiency; weighted evaluation; technical parameters of equipment; process optimization.

В горной промышленности и строительстве грохоты играют ключевую роль в сепарации различных каменных материалов. Выбор оптимального грохота требует учета множества критериев: производительности, размера просеивающей поверхности, амплитуды, мощности, размера отверстий сит грохота, цены, стоимости обслуживания и т. п. Традиционные методы выбора часто бывают субъективными и не учитывают важности каждого критерия.

Многокритериальный анализ – это метод, который позволяет сравнивать и выбирать оптимальный вариант на основе объективной оценки нескольких критериев одновременно. Данный подход особенно полезен в ситуациях, когда решение зависит от баланса между противоречивыми факторами, такими как мощность, размер просеивающей поверхности, цена и т. д. В контексте выбора грохота многокритериальный анализ приобретает особую ценность, поскольку обеспечивает комплексную оценку на основе разнородных критериев для большого списка различных моделей оборудования.

Для применения многокритериального анализа необходимо определить варианты выбора, такие как модели оборудования, и составить список критериев оценки, таких как производительность, стоимость, надежность

и т. д. После этого проводится нормализация данных: критерии приводятся к единой шкале, например, с помощью z-оценок, чтобы избежать искажений, вызванных различиями в единицах измерения. Далее каждому критерию присваивается вес – степень его важности, определяемая экспертами. Агрегация оценок осуществляется с применением метода взвешенной суммы для расчета общей оценки каждой модели. Модель, получившая наивысшую оценку, признается оптимальной.

Для проведения многокритериального анализа была собрана таблица 1 марок грохотов с параметрами для оценивания. Следует отметить, что анализ должен проводиться для грохотов с одинаковой производительностью или сравнимых по параметрам грохотам.

Таблица 1.

Параметры грохотов

Модель	Производительность, т/ч	Размер просеиваемой поверхности, мм	Размер отверстий сит грохота, мм	Размер кусков, поступающих на входе, мм	Мощность, кВт	Частота колебаний, об/мин	Амплитуда, мм
SZF-1020	1.20	2000000.00	10.00	150.00	3.70	750.00	10.00
SZF-520	1.20	1000000.00	10.00	100.00	2.20	750.00	10.00
SZF-525	1.20	1250000.00	10.00	120.00	2.20	750.00	10.00
SZF-1040	3.30	4000000.00	10.00	220.00	7.50	800.00	10.00
SZF-1235	3.30	4200000.00	10.00	250.00	11.00	850.00	10.00
SZF-1250	3.30	6000000.00	10.00	280.00	15.00	850.00	10.00
SZF-1535	3.30	5250000.00	10.00	300.00	18.50	900.00	10.00
SZF-1560	5.90	9000000.00	10.00	350.00	22.00	900.00	10.00
SZF-1845	5.90	8100000.00	15.00	400.00	30.00	950.00	10.00
SZF-2050	5.90	10000000.00	15.00	450.00	37.00	950.00	10.00
SZF-2260	5.90	13200000.00	15.00	500.00	45.00	1000.00	10.00
S5X2460-2	800.00	14400000.00	70.00	400.00	22.00	900.00	6.00
S5X2460-3	800.00	14400000.00	70.00	400.00	30.00	900.00	6.00
S5X2460-4	800.00	14400000.00	70.00	400.00	37.00	900.00	6.00
S5X2760-2	900.00	16200000.00	70.00	450.00	30.00	900.00	5.00
S5X2760-3	900.00	16200000.00	70.00	450.00	37.00	900.00	6.00

Источники: [4-7]

На ее основе составляется таблица нормализованных параметров с применением z-оценки таблица 2. Расчёт таблицы Z нормализованных параметров проводился по следующей формуле:

$$Z = (x - \mu) / \sigma \quad (1)$$

где:

x – значение параметра;

μ – среднее арифметическое значение столбца параметра

σ – среднеквадратичное отклонение столбца параметра

Данная операция проводится для каждого параметра грохотов, используемых в оценке. И после проведения z-оценки для каждого параметра мы получаем удобную для сравнения таблицу данные которой преобразованы в безразмерную шкалу, центрированную на 0.

Таблица 2.

Нормализованные параметры

Модель	Размер просеивающей поверхности, мм	Размер отверстий сит грохота, мм	Размер кусков, поступающих на входе, мм	Мощность, кВт	Частота колебаний, об/мин	Амплитуда, мм
SZF-1020	-1.9379	-1.6893	-2.003	-1.6983	-2.2295	1.17301
SZF-520	-2.1936	-1.6893	-2.5406	-1.8291	-2.2295	1.17301
SZF-525	-2.1297	-1.6893	-2.3256	-1.8291	-2.2295	1.17301
SZF-1040	-1.4265	-1.6893	-1.2504	-1.367	-1.4692	1.17301
SZF-1235	-1.3754	-1.6893	-0.9278	-1.0618	-0.7088	1.17301
SZF-1250	-0.9151	-1.6893	-0.6052	-0.7131	-0.7088	1.17301
SZF-1535	-1.1069	-1.6893	-0.3902	-0.4079	0.05151	1.17301
SZF-1560	-0.1481	-1.6893	0.14741	-0.1028	0.05151	1.17301
SZF-1845	-0.3782	-1.5677	0.68501	0.59469	0.81184	1.17301
SZF-2050	0.10764	-1.5677	1.22262	1.205	0.81184	1.17301
SZF-2260	0.92586	-1.5677	1.76022	1.90249	1.57218	1.17301
S5X2460-2	1.290303	-0.22956	0.685013	-0.1028	0.051507	-1.23118
S5X2460-3	1.290303	-0.22956	0.685013	0.594695	0.051507	-1.23118
S5X2460-4	1.290303	-0.22956	0.685013	1.204999	0.051507	-1.23118
S5X2760-2	1.637625	-0.22956	1.222618	0.594695	0.051507	-1.83222
S5X2760-3	1.637625	-0.22956	1.222618	1.204999	0.051507	-1.23118

Используя нормализованные значения параметров на основе метода взвешенной суммы назначаем веса каждому параметру таблица 3. Следует отметить, что значение веса – это безразмерный коэффициент, который назначается исходя из субъективного мнения эксперта или на основе объективных методов, таких как анализ иерархии, парные сравнения или статистические данные. Вес отражает относительную важность каждого критерия в общей оценке и обычно суммируется до единицы или 100% для всех критериев. Например, веса, используемые в таблице 3, подразумевают, что оценка осуществляется в основном на основе параметра мощности и менее важного параметра – размера просеивающей поверхности, – а остальные параметры практически не учитываются. Это отражает экспертные предпочтения, где энергоэффективность грохота считается ключевым параметром для выбора в горной промышленности.

Таблица 3.

Веса параметров

Размер просеивающей поверхности	Размер отверстий сит грохота	Размер кусков, поступающих на входе	Мощность	Частота колебаний	Амплитуда	Сумма
15	5	5	70	3	2	100

После назначения весов каждому параметру вычисляется взвешенная сумма, чтобы получить итоговую оценку, на основе которой выполняется ранжирование грохотов. Для каждого критерия его нормализованное значение умножается на соответствующий вес. Также учитывается направление предпочтения: для критериев, где предпочтительнее меньшие значения, например, мощность, в формуле ставится знак «-». Это объясняется тем, что при одинаковой производительности наиболее предпочтительно выбрать грохот с меньшей мощностью и, следовательно, меньшими энергозатратами.

Результатом анализа стала таблица 4 сравнения предложенного метода многокритериального анализа и традиционного метода на основе удельной энергоемкости.

Таблица 4.

**Многокритериальный анализ в сравнении с удельной
энергоёмкостью**

Модель	Удельная энергоёмкость кВт/(т/ч)	Оценка
SZF-1020	3.08	150.72
SZF-520	1.83	161.03
SZF-525	1.83	161.14
SZF-1040	2.27	121.34
SZF-1235	3.33	98.55
SZF-1250	4.55	68.84
SZF-1535	5.61	49.16
SZF-1560	3.73	16.10
SZF-1845	5.08	-29.47
SZF-2050	6.27	-76.79
SZF-2260	7.63	-137.49
S5X2460-2	0.03	-4.41
S5X2460-3	0.04	-53.24
S5X2460-4	0.05	-95.96
S5X2760-2	0.03	-56.25
S5X2760-3	0.04	-100.18

Основываясь на вышеприведённой таблице, можно сказать, что грохоты SZF-525, SZF-1040, SZF-1560, S5X2460-2, S5X2760-2 будут более рациональным выбором в своей группе производительности, поскольку они получили наивысшую оценку в многокритериальном анализе. Также подтверждается то, что многокритериальный анализ даёт более точную оценку при выборе грохотов, и его результаты позволяют сделать близкий, но более корректный выбор по сравнению с выбором, основанным на удельной энергоёмкости.

Список литературы:

1. Акланов Ф. А. Модельно-алгоритмическое обеспечение поддержки принятия решений в информационных системах управления / Ф. А. Акланов [и др.] // Вестник СибГАУ. – 2014. – № 3(55). – С. 10–15.
2. Вайсберг Л. А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов / Л. А. Вайсберг. – Москва: Недра, 1972. – 232 с.

3. Петросян М. О. Методы многокритериального анализа решений / М. О. Петросян, П. В. Зеленков, И. В. Ковалев, С. В. Ефремова // Решетневские чтения: материалы конференции. – 2016. – Красноярск : СибГАУ.
4. Грохот серии S5X [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zenitrus.ru/produkcija/sortirovochnoe-oborudovanie/vibracionnye-grohoty/grohot-serii-s5x/>. – Дата обращения: 23.10.2025.
5. Грохот серии SZF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sanyyocan.com/products/crushing-screening-equipment/vibrating-screen/>. – Дата обращения: 23.10.2025.
6. Вибрационный грохот S5X [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sanyyocan.com/products/crushing-screening-equipment/vibrating-screen/>. – Дата обращения: 23.10.2025.
7. Вибрационный грохот SZF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sanyyocan.com/products/crushing-screening-equipment/vibrating-screen/>. – Дата обращения: 23.10.2025.

1.4. ЭНЕРГЕТИКА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Медведев Павел Всеволодович

студент,
Санкт-Петербургский техникум
отраслевых технологий, финансов и права,
РФ, г. Санкт-Петербург

Воеводина Марина Александровна

канд. техн. наук, доцент,
РФ, г. Санкт-Петербург
Санкт-Петербургский техникум
отраслевых технологий, финансов и права,
РФ, г. Санкт-Петербург

ENSURING THE RELIABILITY OF GAS DISTRIBUTION SYSTEMS

Medvedev Pavel Vsevolodovich

Student,
St. Petersburg Technical School
of Industrial Technologies, Finance, and Law,
Russia, St. Petersburg

Voevodina Marina Aleksandrovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
St. Petersburg Technical School
of Industrial Technologies, Finance, and Law,
Russia, St. Petersburg

Аннотация. Актуальность работы обусловлена увеличением протяженности газораспределительных систем и усложнением схем газопроводов. Эти факторы влияют на надежность работы газораспределительных

систем и предъявляют высокие требования со стороны потребителей энергии к безаварийной работе.

Abstract. The relevance of the work is due to the increasing length of gas distribution systems and the complexity of gas pipeline schemes. These factors affect the reliability of gas distribution systems and impose high requirements from energy consumers for trouble-free operation.

Ключевые слова: газораспределительные системы, математическая модель, показатели надежности, интенсивность отказов и восстановлений.

Keywords: gas distribution systems, mathematical model, reliability indicators, failure and repair rates.

Развитие технологических процессов приводит к необходимости повысить качество используемых теплоносителей. В наибольшей мере этим требованиям удовлетворяет природный газ.

Рациональное использование газообразного топлива с наибольшей реализацией его технологических достоинств позволяет получить значительный экономический эффект, который связан с повышением КПД агрегатов и сокращением расхода топлива, более легким регулированием температурных полей и состава газовой среды в рабочем пространстве установок, при этом удастся повысить интенсивность производства и качество получаемой продукции. Применение газа для промышленных установок улучшает условия труда и способствует росту его производительности. Использование природного газа в промышленности позволяет осуществить принципиально новые, прогрессивные и экономически эффективные технологические процессы.

В работе представлен анализ методики расчета надежности элементов газовой системы.

Функционирование элемента системы газоснабжения можно представить в виде математической модели. Элемент работает до отказа, затем его выключают из системы, ремонтируют и вновь включают в работу. В любой момент времени t элемент может находиться или в состоянии исправности, или в состоянии отказа. Процесс функционирования представляется чередующейся последовательностью величин: $\varepsilon_1, \tau_1, \varepsilon_2, \tau_2, \dots$, где ε_i – длительность работы i -го периода исправной работы, τ_i – длительность i -го ремонта (периода отказа). Последовательность отказов элемента во времени составляет поток отказов. Поток отказов характеризуется параметром потока отказов ω , который является аналогом интенсивности отказов λ [1].

Параметр потока отказов можно определить из статистических данных повреждений, фиксируемых эксплуатирующими службами.

Если за время наблюдения (обычно 1 год) каждый элемент из N наблюдаемых отказал m_i раз, тогда

$$\omega = \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{N \cdot \Delta t}$$

Величину, обратную параметру потока отказов $T = \frac{1}{\omega}$, измеряе-

мую в годах, называют наработкой на отказ [2]. Величина T – это среднее время работы элемента (участка газопровода, задвижки, компенсатора и т.д.) между отказами. Параметр потока отказов газопроводов определяется на 1 км длины.

Современный уровень строительства, контроля качества строительно-монтажных работ, а также эксплуатации газовых сетей обеспечивает весьма малую величину параметра потока отказов. Малая вероятность отказов газовых сетей является следствием простоты их конструкции и статического режима работы, при котором они не несут предусмотренных расчетом знакопеременных и инерционных нагрузок. Отказы возникают при случайном совпадении повышенных нагрузок на ослабленных элементах, поэтому отказ является случайным и редким событием.

Стационарности отвечает такой поток случайных событий, когда вероятность наступления определенного их числа на заданном промежутке времени зависит от длительности рассматриваемого промежутка, но не зависит от его сдвига на ту или иную величину по оси времени. В процессе эксплуатации параметр потока отказов элементов систем газоснабжения сохраняется примерно постоянным. Следовательно, число отказов пропорционально рассматриваемому промежутку времени и не зависит от его сдвига в пределах времени эксплуатации. Таким образом, элементы системы газоснабжения обладают свойством стационарности. Распределительные газопроводы проектируют таким образом, чтобы разрыв одного участка газопровода не мог послужить причиной повреждения другого. При выключении из работы параллельного, кольцевого участка или оборудования расходы газа через другие участки возрастают, но при этом давление в городской сети не увеличивается, поэтому не увеличивается и нагрузка на трубу. Тогда вероятность m отказов за время t в простейшем потоке событий $P_m(t)$ распределяются по закону Пуассона

$$P_m(t) = \frac{(\omega \cdot t)^m}{m!} e^{-\omega t}$$

$$m = 0, 1, 2$$

Вероятность того, что в интервале времени t не будет ни одного отказа, равна

$$P_0(t) = e^{-\omega t} \exp P(t)$$

Эта вероятность есть функция надежности элементов системы газоснабжения и подчиняется экспоненциальному закону.

Надежность ремонтируемых элементов характеризуется элементом готовности K_g , который равен вероятности застать элемент в исправленном состоянии. Для расчетов можно использовать стационарный коэффициент K_g , к которому стремится $K_g(t)$ с течением времени. Коэффициент готовности можно определить по формуле

$$K_g = \frac{T}{T + T_c}$$

где

$$T - \text{наработка на отказ, } T = \frac{1}{\omega}$$

T_c – среднее время восстановления.

Для элементов систем газоснабжения время наработки на отказ намного больше среднего времени ремонта, поэтому коэффициент готовности близок к единице и не используется для оценки надежности элементов газовых сетей [3].

Основными видами повреждений распределительных газопроводов являются механические, коррозионные и разрывы сварных швов.

Таким образом, основная задача расчета надежности газораспределительной системы заключается в анализе показателей интенсивности отказов и интенсивности восстановлений элементов, характеризующих безотказность и ремонтпригодность газотранспортных систем.

Список литературы:

1. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание: Математический подход/ Ф: Байхельт, П.Франкен. М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.
2. Карасевич А.М., Елагина О.Ю. Основы надежности систем газоснабжения. – М.: Логос, 2012. – 208 с.
3. Димов И.А. Методика оценки опасности дефектов, для магистральных трубопроводов/ Л.А. Димов // Газовая промышленность. – 2000. – № 3. – С. 41-44.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ

Титов Сергей Михайлович

*независимый исследователь,
РФ, г. Тольятти*

Аннотация. В статье рассматриваются направления повышения энергетической эффективности системы электроснабжения офисного здания. Приведён анализ существующих схем распределения электроэнергии и предложены мероприятия по модернизации, направленные на снижение потерь электроэнергии и повышение надёжности электроснабжения. Предложенные решения включают внедрение систем автоматизированного учёта электроэнергии (АСКУЭ), использование энергоэффективных источников освещения и интеграцию элементов автоматизированной системы управления зданием (BMS). Описаны технические преимущества реализации указанных мер.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроснабжение, офисное здание, АСКУЭ, BMS, освещение, автоматизация, энергосбережение.

Введение

Современные офисные здания характеризуются высокой плотностью электрических нагрузок, обусловленных эксплуатацией систем освещения, вентиляции, кондиционирования, серверного и офисного оборудования. В условиях роста тарифов на электроэнергию и действия Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической

эффективности» [5] актуальной задачей становится снижение энергопотребления без ущерба для функциональности инженерных систем.

Целью данного исследования является разработка и обоснование комплекса мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности системы электроснабжения офисного здания размером 54×18 м, состоящего из трёх этажей и подвала. Объектом анализа является система электроснабжения с вводно-распределительным устройством (ВРУ), главными распределительными щитами (ГРЩ), автоматическим вводом резерва (АВР) и распределительными шкафами этажей.

Обзор существующих решений

В типовых офисных зданиях электроснабжение выполняется по радиальной схеме с разделением потребителей на силовые и осветительные группы. Основными нагрузками являются системы вентиляции и отопления, насосное оборудование, а также компьютерные рабочие места. Потери электроэнергии и нерациональное потребление часто связаны с отсутствием автоматизированного управления нагрузками и неэффективной эксплуатацией осветительных систем [4]. Международный стандарт ISO 50001:2018, который в Российской Федерации осуществляется через ГОСТ Р ИСО 50001-2023 [2] устанавливает требования к системам энергетического менеджмента и стимулирует применение автоматизированных систем мониторинга энергопотребления в зданиях.

Методы повышения энергетической эффективности

1. Внедрение автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ). АСКУЭ обеспечивает непрерывный сбор и обработку данных о потреблении электроэнергии всеми категориями нагрузок. Для рассматриваемого здания предлагается установка многотарифных счётчиков класса точности 0,5S на вводах этажных щитов и в ВРУ с передачей данных по цифровым каналам связи в диспетчерскую систему. Это позволяет отслеживать профили нагрузки, выявлять неэффективные участки и принимать управленческие решения в режиме реального времени [1].

2. Интеграция электроснабжения в систему автоматизации здания (BMS). BMS (Building Management System) представляет собой централизованную систему управления инженерными подсистемами здания. В контуре электроснабжения она включает следующие элементы: контроллеры управления нагрузками (освещение, вентиляция, кондиционирование), датчики присутствия, освещённости и температуры, исполнительные модули (реле, диммеры, частотные преобразователи), сервер сбора данных и пользовательский интерфейс, а также связь с АСКУЭ и системой

диспетчеризации. Интеграция этих элементов позволяет оптимизировать режимы работы оборудования в зависимости от времени суток, присутствия персонала и внешних условий. Например, при отсутствии людей система автоматически отключает освещение и снижает потребление электроэнергии вентсистемами. По данным [1], внедрение BMS позволяет сократить общее энергопотребление офисных зданий на 20–25 %.

3. Повышение эффективности осветительных систем. Рекомендуется полная замена устаревших люминесцентных и галогенных светильников на светодиодные источники света с КПД более 120 лм/Вт. Для помещений общего пользования и лестничных клеток предусматривается установка датчиков движения, а для рабочих зон – систем диммирования с автоматической регулировкой уровня освещённости. Совместное использование LED-освещения и BMS позволяет адаптировать световую среду к реальным условиям эксплуатации и дополнительно снизить энергопотребление до 30 % [3].

4. Повышение надёжности электроснабжения. Для обеспечения бесперебойной работы систем безопасности, пожарной сигнализации и серверного оборудования предусматривается резервирование питания через устройство автоматического ввода резерва (АВР). Также рекомендуется применение источников бесперебойного питания (ИБП) с возможностью удалённого мониторинга состояния.

Это обеспечивает высокую устойчивость системы электроснабжения и предотвращает потери данных при кратковременных отключениях.

Заключение

Повышение энергетической эффективности системы электроснабжения офисных зданий достигается за счёт комплексного внедрения технических и организационных решений.

Применение систем автоматизированного учёта электроэнергии, интеллектуальных систем управления (BMS) и энергоэффективных осветительных приборов позволяет существенно снизить потери электроэнергии, повысить надёжность электроснабжения и обеспечить соответствие современным требованиям энергоэффективности [1–5]. Предложенные меры могут быть реализованы как при проектировании новых зданий, так и при модернизации существующих объектов административного назначения.

Список литературы:

1. Ворошилов Е. А. Интеллектуальные системы управления энергопотреблением в производстве // Вестник науки. 2024. №11 (80). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-upravleniya-enerGOPOTREBleniem-v-proizvodstve> (дата обращения: 27.10.2025).

2. ГОСТ Р ИСО 50001-2023 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению. Официальное издание. М.: ФГБУ "РСТ", 2023
3. Кычкин А. В., Борковец К. А., Ежова Н. А. Организация системы автоматического учета и статистического анализа электропотребления крупного офисного здания // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2017. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-sistemy-avtomaticheskogo-ucheta-i-statisticheskogo-analiza-elektropotrebleniya-krupnogo-ofisnogo-zdaniya> (дата обращения: 27.10.2025).
4. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017 год
5. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями на 31 июля 2025 года).

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам ХС международной
научно-практической конференции*

№ 10 (90)
Ноябрь 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 06.11.25. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,13. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru