

MARCH 2025 | ISSUE #3(2)

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF PROFESSIONAL
SCIENCE**

.....

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL



SCIPRO.RU

ISSN 2542-1085

SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES

UDC 001
LBC 72

International Journal Of Professional Science: international scientific journal, Nizhny Novgorod, Russia: Scientific public organization “Professional science”, №3(2) - 2025. 108 p.

ISSN 2542-1085

International journal of Professional Science is the research and practice edition which includes the scientific articles of students, graduate students, postdoctoral students, doctoral candidates, research scientists of Russia, the countries of FSU, Europe and beyond, reflecting the processes and the changes occurring in the structure of present knowledge.

It is destined for teachers, graduate students, students and people who are interested in contemporary science.

All articles included in the collection have been peer-reviewed and published in the form in which they were presented by the authors. The authors are responsible for the content of their articles.

The information about the published articles is provided into the system of the Russian science citation index – RSCI under contract № 2819-10/2015K from 14.10.2015

The electronic version is freely available on the website <http://scipro.ru/ijps.html>

UDC 001

LBC 72



Editorial team

Chief Editor – Krasnova Natalya, PhD, assistant professor of accounting and auditing the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction. (mail@nkrasnova.ru)

Zhanar Zhanpeisova — Kazakhstan, PhD

Khalmatova Barno Turdyhodzhaeva — Uzbekistan, MD, Professor, Head of the Tashkent Medical Academy

Tursunov Dilmurat Abdullazhanovich — Kyrgyzstan, PhD, Osh State University

Ekaterina Petkova, Ph.D Medical University — Plovdiv

Stoyan Papanov PhD, Department of Pharmacognosy and pharmaceutical chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University — Plovdiv

Materials printed from the originals filed with the organizing committee responsible for the accuracy of the information are the authors of articles

Editors N.A. Krasnova, 2025

Article writers, 2025

Scientific public organization
“Professional science”, 2025

Table of contents

INTRODUCTION	5
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION	6
Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryaev A.D. Comparative analysis of building materials for private housing construction in the Leningrad region	6
Safin R.R. Features of identification and minimization of risks in the construction industry in modern conditions	12
Safin R.R. Innovative approaches to resource management in the construction industry	18
ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES	24
Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryaev A.D. History of development and current state of application of heat pumps in the energy sector	24
Popova A.V., Grintsova E.A., Belov P.S., Brovchenko O.A. Air purification in mechanical engineering production	32
Yarov Y. Integration of renewable energy sources in building design and construction: international experience	37
REVIEWS AND ANALYSIS	43
Aksenov S.G., Sinagatullin F.K., Rizvanov R.R. On the issue of fire safety at mass events	43
Mironchuk E.V., Dvoeglazov V.M., Mironchuk Y.E. The impact of modern design on the efficiency of the banking sector	48
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS	56
Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryaev A.D. Assessment of the economic feasibility of using hybrid power plants based on solar energy and the Brayton cycle	56
Karamyan A.D. On the possibility of processing cast iron parts by surface plastic deformation	62
Kordik D.Y. Investigation of the deposition of copper-lead coatings from hydrogen fluoride electrolyte	69
Semenov Y.D. Methods of restoration of worn bronze sliding bearings	78
Toigambaev S.K. The possibility of using discarded springs as a chisel for plowshares	87
TRANSPORT AND MOBILITY	98
Bik I., Degtyareva V. Assessment of the possibility of using the dam roadbed as a highway	98
CONCLUSION	107

INTRODUCTION

The International Journal of Professional Science, Issue №3(2) – 2025, continues the tradition of presenting high-quality, practice-oriented research from a diverse pool of authors, including students, graduate and postgraduate researchers, doctoral candidates, and experienced scientists. Published by the Scientific Public Organization “Professional Science” (Nizhny Novgorod, Russia), this issue brings together contributions from Russia, the countries of the former Soviet Union, Europe, and beyond—highlighting the growing international dialogue in the field of applied science.

In this edition, readers will find studies in architecture, construction, energy, environmental technologies, technological innovations, and transport systems. The articles reflect a broad spectrum of scientific inquiry: from comparative assessments of building materials and hybrid power plants, to modern risk management in construction, and surface plastic deformation techniques in metallurgy. These works not only document current trends, but also offer innovative insights and practical solutions relevant to specialists, educators, and the academic community.

The journal remains committed to its mission of fostering knowledge exchange and supporting the integration of academic research into real-world applications.

Sincerely,
Krasnova N.
Editor-in-Chief
International Journal Of Professional Science

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

UDC 620.9

Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryayev A.D. Comparative analysis of building materials for private housing construction in the Leningrad region

Сравнительный анализ строительных материалов для частного домостроения в условиях Ленинградской области

Fedoruk Sofia Sergeevna,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Kashcheev Kirill Olegovich,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryayev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Федорук Софья Сергеевна,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Кашеев Кирилл Олегович,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. The article presents a comparative analysis of the most common building materials for the construction of private houses in the climate of the Leningrad region. Materials such as aerated concrete, expanded clay concrete, ceramic bricks, glued beams and frame technology are considered. The assessment was carried out according to the criteria of cost, thermal conductivity, strength, environmental friendliness, durability and labor costs for construction, taking into account the climatic characteristics of the region. Based on the analysis, recommendations on choosing the optimal material for the construction of a private house are presented.

Keywords: thermal conductivity, energy efficiency, private housing construction, thermal resistance, economic feasibility, thermal insulation.

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ наиболее распространенных строительных материалов для возведения частных домов в условиях климата Ленинградской области. Рассмотрены такие

материалы, как газобетон, керамзитобетон, керамический кирпич, клееный брус и каркасная технология. Оценка проводилась по критериям стоимости, теплопроводности, прочности, экологичности, долговечности и трудозатрат на строительство, с учетом климатических особенностей региона. На основе анализа представлены рекомендации по выбору оптимального материала для строительства частного дома.

Ключевые слова: теплопроводность, энергоэффективность, частное домостроение, термическое сопротивление, экономическая целесообразность, теплоизоляция.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Ленинградская область, расположенная в Северо-Западном регионе России, характеризуется умеренно-континентальным климатом с высокой влажностью, значительными перепадами температур и продолжительным периодом заморозков. По причине большой изменчивости погоды ото дня ко дню (а иногда и в течение одних суток) Северо-Западный федеральный округ России, к которому относится Ленинградская область, является одним из самых сложных для прогнозирования. Особенностью Ленинградской области является неоднородность погодных условий по территории, обусловленная большой протяженностью области с запада на восток, разнообразием ландшафта и близостью крупных водоемов (Финский залив, Ладожское и Онежское озера). Помимо резкого изменения климата, который сам по себе является неблагоприятным фактором, на территории области наблюдаются практически все опасные метеорологические явления: сильные ветра, в том числе шквалы и смерчи, снегопады и метели, гололед, туман, сильные морозы и жара, кратковременные интенсивные ливни и продолжительные дожди, грозы, град, лесные пожары, засуха и наводнения.

Согласно СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» на рассматриваемой территории абсолютная минимальная температура воздуха составляет -36,0°C, абсолютный максимум 37,0°C, среднегодовая температура воздуха 5,6°C. В таблице 1 приведен месячный средний показатель температуры воздуха в городе Санкт-Петербурге [1].

Таблица 1

Средняя месячная температура воздуха, °C

Метеостанция	Период											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
г. Санкт-Петербург	-6,5	-6,1	-1,4	4,6	11,3	15,8	18,6	16,9	11,6	5,8	0,5	-3,6

Данные климатические условия предъявляют особые требования к строительным материалам, используемым для возведения частных домов. Выбор оптимального материала является ключевым фактором, определяющим долговечность и энергоэффективность строений.

В качестве объектов исследования были выбраны наиболее популярные строительные материалы, используемые для возведения несущих конструкций частных домов [2]:

1. кирпич (керамический и силикатный);
2. газобетон;
3. дерево (бревно, брус);
4. каркасные конструкции (с использованием различных утеплителей);
5. керамзитобетон.

Одним из строительных материалов является экологически чистый ресурс – дерево, обладающий хорошими теплоизоляционными свойствами. Деревянные дома быстро возводятся и создают комфортный микроклимат. Однако дерево подвержено воздействию влаги, гниению и требует регулярной обработки защитными составами. Каркасные дома требуют дополнительной теплоизоляции.

Кирпич – прочный и долговечный материал, устойчивый к воздействию огня и гниению. Однако кирпичные дома требуют массивного фундамента, имеют высокую теплопроводность и требуют значительных затрат на отопление. Строительство кирпичного дома занимает много времени.

Газобетон – легкий материал, обладающий хорошими теплоизоляционными свойствами и относительно низкой стоимостью. Дома из газобетона быстро возводятся. Однако газобетон имеет высокую влагопоглощаемость, который в свою очередь требует защиту от влаги.

Керамзитобетон – экологичный и относительно недорогой материал, обладающий хорошими теплоизоляционными свойствами и устойчивостью к воздействию влаги.

Анализ строительных материалов проводился на основе следующих критериев:

1. технические характеристики (прочность, теплопроводность, морозостойкость, влагостойкость, огнестойкость);
2. стоимость;
3. экологичность (воздействие на окружающую среду в процессе производства, эксплуатации и утилизации);
4. долговечность (срок службы, устойчивость к внешним воздействиям);
5. трудоемкость строительства (время и сложность монтажа).

Одним из наиболее важных технических параметров является теплопроводность. Теплопроводность – способность материала передавать тепловую энергию через свою толщину, от нее напрямую зависит термическое сопротивление ограждающей конструкции [3]. Коэффициент теплопроводности λ количественно определяет величину теплопроводности теплоизоляционных материалов. Коэффициент теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов может варьироваться от 0,022 до 2,0 Вт/(м·°C). Материалы с низким коэффициентом теплопроводности используются для тепловой изоляции и называются теплоизоляционными.

Информация о характеристиках материалов была получена из официальных данных производителей, строительных норм и правил (СНиП). В таблице 2 представлен сопоставительный анализ свойств строительных материалов.

Таблица 2

Сравнительные характеристики строительных материалов

Характеристика	Дерево		Кирпич	Газобетон D400	Керамзитобетон
	брус	каркас (мин. вата)			
Теплопроводность, λ , Вт/(м·K)	0,13-0,18	0,035-0,040 (мин. вата)	0,4-0,8	0,10-0,15	0,2-0,5
Влагостойкость	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя
Долговечность, лет	50-100	30-60	100+	50-70	50-70
Экологичность	Высокая		Средняя	Средняя	Средняя
Прочность, МПа	40-50	Зависит от каркаса	10-25	2,5-3,5	3,5-10
Стоимость, руб./м³	18000-25000	Зависит от проекта	6000-9000	4500-6000	4000-5000

Для экономической оценки применения материалов для частного домостроения был произведен расчет дома площадью 100 м² с высотой потолков 2,7 м (объем 270 м³). Предполагается, что дом отапливается газом (стоимость 1 м³ газа 7,5 руб., средняя температура отопительного периода -2°C, длительность отопительного периода 210 суток). Расчет произведен упрощенно, рассматриваются только теплотери через стены. Потери через окна, двери, крышу и фундамент не учитываются. В соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий», термическое сопротивление ограждающих конструкций для Ленинградской области должно составлять не менее $R = 3,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ для стен [4, 5]. Для оценки влияния теплотехнических характеристик материалов на стоимость строительства, была

рассчитана необходимая толщина стен для достижения данного показателя (таблица 3) [6].

Таблица 3

Расчетная толщина стен для соответствия нормативным требованиям

Материал	Дерево		Кирпич	Газобетон D400	Керамзитобетон
	брус	каркас (мин. вата)			
Требуемая толщина, м	0,378	0,126	1,89	0,441	0,945
			0,38 (кирпич) + 0,15 (мин. вата)	0,30 (газобетон) + 0,1 (мин. вата)	0,30 (керамзитобетон) + 0,15 (мин. вата)

С учетом выше изложенного годовые затраты на покупку природного газа для покрытия отопительной тепловой нагрузки дома площадью 100 м² с применением газового бытового котла составили:

1. стены толщиной 0,441 м из газобетона D400 – 35000 руб.;
2. стены толщиной 0,30 м из газобетона D400 с применением 0,1 м минеральной ваты – 21000 руб.;
3. стены толщиной 1,89 м из кирпича – 150000 руб.;
4. стены толщиной 0,38 м из кирпича с применением 0,15 м минеральной ваты – 34000 руб.;
5. стены толщиной 0,945 м из керамзитобетона – 75000 руб.;
6. стены толщиной 0,30 м из керамзитобетона с применением 0,15 м минеральной ваты – 28000 руб.;
7. стены толщиной 0,378 м из бруса – 30000 руб.;
8. стены толщиной 0,126 м при использовании каркаса с минеральной ватой – 10000 руб.

Таким образом, газобетон с утеплителем демонстрирует наилучшее сочетание цены строительства и затрат на отопление. Использование утеплителя позволяет значительно снизить теплопотери [7]. Каркасные дома обладают самыми низкими теплопотерями и, соответственно, минимальными затратами на отопление. Керамзитобетон требует значительного утепления для снижения теплопотерь и эксплуатационных затрат. Кирпичные дома без утепления – самый дорогой вариант как по стоимости строительства, так и по затратам на отопление. Клееный брус демонстрирует хорошие показатели теплоизоляции, однако имеет высокую стоимость.

Выбор строительного материала должен основываться на комплексной оценке стоимости строительства, энергоэффективности и эксплуатационных затрат. Для Ленинградской области с ее продолжительным отопительным периодом, особое

внимание следует уделить теплоизоляционным свойствам материалов и правильному расчету толщины стен.

Библиографический список

1. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».
2. Исаков, А. П. Инновации в теплоизоляционных материалах / А. П. Исаков, М. С. Липатов // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 41-48. – EDN VCRRLQ.
3. Кащеев, К. О. Перспективность применения гибридных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии / К. О. Кащеев, А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2024. – № 4-2. – С. 6-13. – EDN NARETQ.
4. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий».
5. Постановление Правительства Ленинградской области от 22 марта 2012 года № 83 «Об утверждении Региональных нормативов градостроительного проектирования Ленинградской области».
6. Липатов, М. С. Энергосберегающие мероприятия для типового коттеджного поселка / М. С. Липатов, В. В. Козлов // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 12. – С. 71-77. – EDN RZHDPI.
7. Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения / Н. Н. Гладышев, А. Д. Ширяев, О. А. Долженко, К. О. Кащеев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2024. – № 4. – С. 61-65. – EDN EFZLNB.

UDC 69

Safin R.R. Features of identification and minimization of risks in the construction industry in modern conditions

Особенности идентификации и минимизации рисков в строительной отрасли в современных условиях

Safin Rustem Ramilevich,

Postgraduate student, Institution of Higher Education "University of Management "TISBI", Kazan

Сафин Рустем Рамилевич,

Аспирант, Учреждение высшего образования «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань

Abstract. The construction industry plays an important role in socio-economic development, but the dynamism of the market environment creates a complex of risks in the implementation of the construction process. Management practice shows that management does not pay enough attention to risk management: often in construction companies there is an ineffective risk management system or no risk identification system at all. At the same time, risk management errors can lead to missed deadlines, exceeding the budget, reduced quality of work and other forms of negative impact of risks on the construction business. The relevance of the study is due to the need to increase the resilience of construction companies to external and internal threats. The article considers the most relevant methods of identifying and reducing risks in the construction industry, provides a description of modern risk management tools, and provides directions for improving the effectiveness of risk management strategies.

Keywords: economic development, development of the construction industry, risk identification, risk minimization, risk management, effectiveness of the risk management strategy.

Аннотация. Строительная отрасль играет важную роль в социально-экономическом развитии, однако динамичность рыночной среды создает комплекс рисков осуществления строительного процесса. Практика управления показывает недостаточно внимание руководства в отношении риск-менеджмента: зачастую в строительных компаниях отмечается неэффективная система управления рисками или вообще отсутствие системы их идентификации. При этом, ошибки риск-менеджмента могут привести к срыву сроков, превышению бюджета, снижению качества работ и другим формам отрицательного воздействия рисков на строительный бизнес. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения устойчивости строительных компаний к внешним и внутренним угрозам. В статье рассматриваются наиболее актуальные методы выявления и снижения рисков в строительной отрасли, дается характеристика современным инструментам управления рисками, приводятся направления повышения эффективности стратегий управления рисками.

Ключевые слова: развитие экономики, развитие строительной отрасли, идентификация рисков, минимизация рисков, управление рисками, эффективность стратегии управления рисками.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Современная строительная отрасль является одной из наиболее капиталоемких и сложных сфер экономики с высоким уровнем неопределенности. Учитывая значительный негативный эффект рисков, их идентификация и минимизация выступает одним из важнейших элементов управления строительными проектами.

Риск в строительстве определяется как вероятность возникновения неблагоприятного события, способного оказать негативное влияние на ход выполнения

проекта, его стоимость, сроки или качество [2]. В отличие от других отраслей, строительные проекты характеризуются более высокой степенью уникальности и, как следствие, повышенной сложностью процессов управления рисками.

Риски в строительстве, как и других сферах деятельности, формируются под воздействием внутренних (связанных непосредственно с организацией строительного процесса) и внешних (обусловленных макроэкономическими, социальными и природными условиями) факторов.

К ключевым внутренним факторам, провоцирующим возникновение рисков, относятся: недостаточное качество проектной документации, неправильное распределение ресурсов, недостаточная квалификация кадров, слабая внутренняя система управления качеством и др.

Внешние факторы включают колебания цен на строительные материалы и оборудование, динамику законодательной базы, политическую и финансово-экономическую нестабильность. Отдельно экспертное сообщество выделяет природно-климатические особенности, в том числе, стихийные бедствия, которые могут повлиять на сроки строительства.

Основные методы идентификации рисков в строительной отрасли показаны в таблице 1.

Таблица 1

Методы идентификации рисков в строительной отрасли

Тип методов	Наименование метода	Краткая характеристика / описание метода
Аналитические методы	Анализ проектной документации	Проведение на ранних стадиях строительства детального изучения чертежей, смет, расчетов и технических спецификаций.
	Анализ исторических данных	Анализ исторических данных – изучение опыта предыдущих строительных проектов, выявление типичных проблем.
	Факторный анализ	Факторный анализ – исследование наиболее существенных факторов, влияющих на успешность реализации проекта.
Экспертные методы	Метод «мозгового штурма»	Метод «мозгового штурма» – групповая дискуссия, в ходе которой специалисты выявляют возможные риски и обсуждают вероятные последствия. Метод наиболее эффективен на этапе предварительного анализа, поскольку позволяет собрать широкий спектр мнений.
	Метод «Дельфи»	Метод прогнозирования, основанный на мнениях группы экспертов, которые высказывают свои оценки анонимно, после чего проводится итерационный анализ ответов.
	SWOT-анализ	Выявление сильных и слабых сторон проекта, а также внешних угроз и возможностей. Метод позволяет определить риски и разработать стратегию их минимизации на основе внутренних ресурсов компании.

Тип методов	Наименование метода	Краткая характеристика / описание метода
Методы статистического анализа	Анализ чувствительности	Изучение степени влияния отдельных факторов на конечный результат проекта (например, анализ влияния изменения цен на строительные материалы на общую стоимость строительства).
	Методы регрессионного анализа	Выявление зависимости между различными параметрами проекта и оценка факторов, оказывающих наибольшее влияние на уровень рисков.
	Методы вероятностного моделирования (например, анализ Монте-Карло)	Прогнозирование рисков на основе случайных сценариев. Метод особенно полезен при анализе финансовых рисков
Методы анализа иерархий и дерево решений	Метод анализа иерархий	Структуризация сложных проблем и принятие решений на основе многокритериального анализа. Применяется для оценки различных сценариев развития событий и определения оптимального варианта управления рисками.
	Метод дерева решений	Графическое представление возможных вариантов развития проекта с последующей оценкой вероятных последствий каждого из них (например, при выборе подрядчика можно построить дерево решений, где на каждом этапе будет рассмотрен вариант успешного или неуспешного выполнения работ, а затем оценить вероятность того или иного исхода).

Необходимо отметить, что методы идентификации рисков в строительстве имеют свою специфику. Так, особенностями аналитических методов является повышенное внимание к конструктивным решениям и применение преимущественно на ранних этапах строительства.

Экспертные методы в строительстве требуют учета узкопрофильных знаний, поскольку разные проекты (жилые дома, мосты, промышленные объекты) имеют свою специфику. Кроме того, в строительстве важна мультидисциплинарность экспертных оценок, так как один и тот же риск (например, выбор типа фундамента) может затрагивать вопросы геологии, материаловедения, финансов и т.д. [5, с. 1036]

Статистический анализ в строительстве сталкивается с проблемой недостатка релевантных данных: каждый проект уникален, а исторические данные могут не полностью отражать современные реалии. В связи с этим, чаще используются скорректированные модели, адаптированные под специфику каждого проекта, например, анализ рисков методом Монте-Карло с учетом индивидуальных переменных для конкретной стройплощадки и т.д.

В качестве отдельного направления идентификации рисков выделяется аудит строительных проектов, который проводится на стадии проектирования и в процессе их реализации. Основные этапы аудита включают:

- оценку соответствия проектных решений нормативным требованиям;

- проверку финансового состояния подрядчиков;
- анализ текущих темпов выполнения работ и соответствие графику строительства;
- выявление потенциальных угроз, связанных с качеством используемых материалов и технологий.

Как показывает практика, наиболее значительной угрозой в строительной отрасли являются финансовые риски. Данный факт объясняется тем, что реализация строительных проектов, как правило, требует крупных капиталовложений и подвержена влиянию множества экономических факторов (нарушение сроков оплаты, колебания цен на материалы, увеличение стоимости строительства, недостаток ликвидности и т.д.). В связи с этим, важную роль с позиции минимизации рисков играет использование финансовых инструментов.

Одним из наиболее эффективных инструментов минимизации рисков является страхование. В строительстве применяется несколько видов страхования, направленных на защиту от различных угроз: страхование строительных работ и объектов, страхование профессиональной ответственности, страхование строительной техники и оборудования, страхование грузов и поставок [3, с. 73-74].

Востребованным инструментом риск-менеджмента выступают банковские гарантии. Их суть заключается в том, что банк выступает поручителем строительной компании и гарантирует выполнение ее обязательств перед контрагентами [1]. Основные виды банковских гарантий, используемые в строительстве: тендерная гарантия, гарантия исполнения контракта, гарантия возврата аванса, гарантия надлежащего выполнения обязательств (гарантия качества).

Компенсировать непредвиденные расходы и обеспечивать стабильность финансирования строительного проекта позволяют финансовые резервы: резерв на непредвиденные расходы, резерв на страхование валютных рисков, резерв на устранение дефектов и гарантийное обслуживание, антикризисный резерв [4]. В данном контексте необходимо отметить, что формирование финансовых резервов требует грамотного планирования. Недостаточное резервирование средств может привести к нехватке финансирования в критических ситуациях, а чрезмерное – снижает общую рентабельность проекта.

Комплексный риск-менеджмент в строительстве предполагает применение организационных и контрактных механизмов. Данные инструменты направлены в основном на решение организационных проблем, недостатков в планировании, сбоев в координации работ, юридических осложнений и прочих угроз.

Основные организационные методы снижения строительных рисков включают

внедрение современных методов управления проектами (использование методологий PMBOK, PRINCE2 или Agile), улучшение логистики и технического надзора, разработку антикризисных стратегий (формирование сценариев реагирования на возможные задержки, создание резервных подрядных соглашений и т.д.).

К контрактным механизмам управления строительными рисками относят распределение рисков между участниками строительства (ключевые механизмы – контракт EPC, когда подрядчик берет на себя весь комплекс работ или контракт FIDIC – международный стандарт строительных контрактов, предусматривающий гибкое распределение рисков между сторонами), фиксирование стоимости работ, определение форс-мажорных обстоятельств, использование контрактов с условием «Step-in Rights». [6, с. 58]

Цифровые технологии в области риск-менеджмента в первую очередь задействованы на этапах моделирования и прогнозирования рисков. Наибольшую эффективность показывают информационное моделирование зданий (BIM), искусственный интеллект (AI) и анализ больших данных (Big Data).

BIM позволяет создать цифровую копию строящегося объекта, интегрирующую все инженерные, финансовые и логистические параметры. С точки зрения риск-менеджмента, это позволяет выявить проектные ошибки на ранних стадиях и минимизировать риск превышения бюджета. В качестве примера можно привести модуль управления рисками в платформе управления строительными проектами Autodesk BIM 360.

Искусственный интеллект и Big Data дают возможность прогнозировать возможные риски на основе исторических данных. Пример – ALICE Technologies, платформа, использующая технологии AI при прогнозировании и оптимизации строительных процессов.

Помимо перечисленных технологий, косвенное влияние на уровень рисков оказывают решения в области автоматизации отдельных строительных процессов. Такие технологии снижают зависимость от человеческого фактора и, как следствие, минимизируют вероятность возникновения сбоев из-за человеческих ошибок.

В заключение можно отметить, что повышение эффективности стратегий управления рисками в строительстве возможно за счет развития культуры риск-менеджмента, совершенствования системы мониторинга, использования адаптивных контрактов, внедрения комплексных цифровых платформ, создания гибкой системы финансовой защиты, развития предиктивной аналитики и роста квалификации персонала в области риск-менеджмента.

References

1. Балтутите, И.В. Банковская гарантия в договоре строительного подряда // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук / И.В. Балтутите. – 2015. – №12-4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bankovskaya-garantiya-v-dogovore-stroitel'nogo-podryada> (дата обращения: 08.02.2025).
2. Ищенко, А.В. Анализ рисков строительного производства / А.В. Ищенко, В.А. Жиренкова // ИВД. – 2021. – №10 (82). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7237 (дата обращения: 08.02.2025).
3. Литвинова, О.В. Сущность и необходимость страхования рисков в строительстве / О.В. Литвинова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – №2 (17). – С. 72-79.
4. Панягина, А.Е. Резервирование как метод управления финансовыми рисками организации / А.Е. Панягина // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezervirovanie-kak-metod-upravleniya-finansovymi-riskami-organizatsii-1> (дата обращения: 08.02.2025).
5. Черкасова, С. А. Формирование профиля риска в деятельности строительных предприятий / С. А. Черкасова, В. Х. Атаева, С. А. Ахмедова // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 2(151). – С. 1034-1038.
6. Юдкин, Н. Н. Финансовые риски строительных предприятий в современных условиях / Н. Н. Юдкин, Г. Р. Нигматуллина // Научные высказывания. – 2024. – № 2(49). – С. 56-59.

UDC 69

Safin R.R. Innovative approaches to resource management in the construction industry

Инновационные подходы к управлению ресурсами в строительной отрасли

Safin Rustem Ramilevich,

Postgraduate student, Institution of Higher Education "University of Management "TISBI", Kazan

Сафин Рустем Рамилевич,

Аспирант, Учреждение высшего образования «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань

Abstract. *One of the basic factors for the successful functioning of the construction industry is the organization of resource management. The introduction of advanced technologies can significantly improve the use of building materials, labor and financial resources, reduce costs and improve the environmental friendliness of construction processes. The study is devoted to identifying the most promising areas of innovative resource management in the construction industry. The study reveals the shortcomings of traditional approaches in this area, presents the possibilities of digitalization of resource management, sustainable development in construction, modern methods of construction production management. The prospects for the development of innovative approaches in construction are systematized.*

Keywords: *economic development, innovations in management, resource management, construction industry, construction production management.*

Аннотация. Одним из базовых факторов успешного функционирования строительной отрасли выступает организация управления ресурсами. Внедрение передовых технологий позволяет значительно усовершенствовать использование строительных материалов, трудовых и финансовых ресурсов, снизить затраты и улучшить экологичность строительных процессов. Исследование посвящено выявлению наиболее перспективных направлений инновационного управления ресурсами в строительной отрасли. В ходе исследования раскрыты недостатки традиционных подходов в данной области, представлены возможности цифровизации управления ресурсами, устойчивого развития в строительстве, современных методов управления строительным производством. Систематизированы перспективы развития инновационных подходов в строительстве.

Ключевые слова: *развитие экономики, инновации в управлении, управление ресурсами, строительная отрасль, управление строительным производством.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

По мнению ряда экспертов, строительная отрасль в меньшей степени адаптирована для интеграции инновационных технологий. В качестве наиболее значимых причин такого отставания называются консерватизм отрасли, высокая капиталоемкость строительных проектов, длительные сроки реализации проектов, а также сложность внедрения новых технологических решений в устоявшиеся бизнес-процессы. Отдельно выделяется высокая степень уникальности каждого строительного объекта, и, как следствие, затруднение автоматизации отдельных процессов [1, с. 40-41].

С данной позицией можно согласиться лишь частично, поскольку ряд факторов,

замедляющих внедрение инноваций действительно существует (как и во многих других отраслях), однако динамика развития строительства не является однородной. В последние годы наблюдается достаточно активное внедрение таких технологий, как BIM-моделирование, искусственный интеллект, роботизированное строительство и прочих передовых инструментов управления. Данная тенденция говорит о трансформации строительной сферы в сторону инновационности, а появление модульного строительства и стандартных решений для массового жилья частично нивелирует проблему высокой степени уникальности строительных объектов. Таким образом, проблема скорее связана с неравномерностью внедрения технологий и необходимостью адаптации инноваций к специфике строительства, нежели с тотальной неспособностью отрасли интегрировать современные методы управления ресурсами.

Ресурсы в строительстве представляют собой совокупность материальных, трудовых и финансовых элементов, необходимых для реализации строительных проектов.

На протяжении длительного времени управление ресурсами в строительстве основывалось на классических методах планирования, учета и контроля. Однако в современных условиях управление на подобном уровне организации сталкивается с рядом трудностей, связанных с ростом объемов информации и повышенными требованиями к эффективности строительных процессов. При этом, повышение уровня конкурентности на строительном рынке диктует необходимость улучшения процессов ресурсного управления.

На текущий момент классические методы имеют ряд недостатков. Они часто не учитывают динамичность современного строительного процесса и провоцируют неэффективное использование ресурсов (например, строгие нормативы не всегда позволяют оперативно реагировать на изменения в проекте, традиционные методы учета затрат не всегда дают возможность прогнозировать финансовые риски, а ручной контроль и бумажная отчетность значительно замедляют процессы принятия решений). Еще одной проблемой классических методов является их низкая степень интеграции с новыми технологиями строительства. [2, с. 171].

Наиболее востребованные инновационные решения в строительной отрасли, по мнению автора исследования, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Иновационные решения в строительной отрасли

Одним из наиболее значимых инструментов цифровизации в строительной отрасли является Building Information Modeling (BIM) – методология управления жизненным циклом строительного объекта на основе цифровых моделей. BIM представляет собой виртуальную трехмерную модель здания, в которую интегрированы архитектурные, конструкционные, инженерные, финансовые и эксплуатационные параметры. Основной эффект BIM в области управления ресурсами состоит в оптимизации использования материальных ресурсов ввиду точных расчетов необходимого количества строительных материалов, повышении точности проектирования, возможности сокращения сроков выполнения работ и контроле бюджета проекта в режиме реального времени [6].

Применение ИИ и ML основано на анализе больших объемов данных и выявлении закономерности, которые могут быть неочевидны для традиционных методов. Примерами успешного внедрения ИИ в строительстве являются использование нейросетевых алгоритмов в целях предсказания задержек в проектах, а также предупреждения о потенциальных сбоях на основе анализа погодных условий,

доступности материалов, уровне занятости рабочих и других параметров.

Еще одним важным направлением цифровизации строительной отрасли является внедрение облачных технологий. Основная идея их применения –обеспечение централизованного хранения и доступа к данным в режиме реального времени, упрощение управления ресурсами, особенно на крупных строительных площадках. Все данные о расходе материалов, занятости персонала и финансовых затратах хранятся в единой системе, исключающей дублирование и ошибки. Примерами таких технологий являются платформы Autodesk Construction Cloud, Oracle Aconex, Procore. [4, с. 103].

«Зеленое» строительство представляет собой концепцию, основанную на применении экологически чистых и энергосберегающих технологий на всех этапах жизненного цикла здания. Основной целью концепции является минимизация воздействия на окружающую среду при одновременном повышении экономической эффективности.

Направления реализации концепции «зеленого» строительства:

- снижение тепловпотерь зданий, использование современных систем теплоизоляции и вентиляции;
- применение безопасных и долговечных строительных материалов;
- внедрение систем сбора дождевой воды, водосберегающей сантехники и технологий очистки и повторного использования воды;
- минимизация отходов путем, их переработка и повторное использование в строительных процессах;
- максимальное использование возобновляемых источников энергии [3, с. 17].

Одна из ключевых проблем строительной отрасли – большие объемы строительных отходов, значительная часть которых потенциально может быть использована повторно. Основные инновационные направления рационального использования строительных отходов включают:

- переработку бетона – старые бетонные конструкции могут дробиться и использоваться в качестве наполнителя для нового бетона или в дорожном строительстве;
- повторное использование металлоконструкций – стальные конструкции после демонтажа могут быть очищены и использованы в новых проектах;
- применение щепы, опилок и других отходов производства деревянных конструкций в качестве утеплителей или сырья для производства древесно-полимерных композитов;
- использование переработанного пластика и стекла;

- использование автоматизированных систем сортировки и переработки.

Бережливое строительство, как инновационный метод управления строительными процессами, основано на принципах минимизации потерь, оптимизации ресурсов и максимальной ценности для конечного потребителя (в соответствии с ключевыми принципами бережливого производства). Основная его идея заключается в устранении всех видов неэффективности [5, с. 2178].

Применение бережливого строительства предполагает использование таких инструментов, как метод критического пути, тактовое строительство, система «точно в срок», цифровые технологии мониторинга процессов. Важную роль играет концепция интегрированного проектного управления, которая обеспечивает тесное взаимодействие всех участников проекта на ранних стадиях с целью исключения ошибок и переработок.

Адаптация Agile в строительстве (в отличие от IT-сферы, где концепция применяется на всех этапах разработки) может использоваться точно и требует сочетания с другими методологиями – Lean Construction, BIM и др. В итоге, классический Agile трансформируется, например, в Lean-Agile Construction, в рамках которого ключевой акцент делается на поэтапное планирование, короткие циклы работ, адаптивность к изменениям в ходе строительства и активное взаимодействие между заказчиком, подрядчиками и проектировщиками. В рамках Agile строительным компаниям можно также порекомендовать использование Kanban с целью улучшения визуализации рабочих процессов и оптимизации использования ресурсов.

Перспективы развития строительной отрасли, в особенности в контексте управления ресурсами, видятся в дальнейшей интеграции передовых инновационных решений. Среди ключевых трендов можно выделить несколько направлений, которые, как ожидается, будут определять будущее строительной отрасли:

- дальнейшая интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения;
- применение робототехники и автоматизированного строительства (3D-принтеры, роботизированные кладчики кирпича, дроны по инспекции объектов и т.д.);
- развитие модульного строительства – использование предварительно изготовленных модулей и сборных конструкций;
- использование умных строительных материалов – самовосстанавливающийся бетон, теплоизолирующие покрытия нового поколения, энергоэффективные стекла с изменяемой прозрачностью и другие инновационные материалы;
- интеграция блокчейна в строительные процессы;
- технологии дополненной и виртуальной реальности – актуальны с позиции экономии ресурсов за счет визуализации проектов на этапе планирования или

проведения удаленных инспекций строительных объектов;

- цифровые двойники зданий – технология может быть востребована в контексте анализа поведения зданий в различных условиях эксплуатации, прогнозирования износа и оптимизации технического обслуживания;
- улучшенные версии BIM-систем нового поколения с возможностью интеграции с искусственным интеллектом и облачными платформами.

References

1. Горелик, П.И. Бережливое строительство как инновационный метод управления строительством / П.И. Горелик // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 12 (27). – С. 40-48.
2. Гурбанов, Ы. Операции и управление: управление строительными проектами, управление финансами и ресурсами / Ы. Гурбанов, М. Дурдымырадов, А. Ашыров // In Situ. – 2024. – № 10. – С. 171-172.
3. Данилова, Е.А. Основные принципы концепции «зеленого строительства» / Е.А. Данилова, Ф.И. Братан, Е.И. Хотулева, Г.Э. Окольников // Системные технологии. – 2020. – № 37. – С. 16-19.
4. Исследование применения цифровых решений для эффективного управления ресурсами в строительной отрасли / И. В. Смольянинова, А. Ю. Жильников, М. С. Агафонова, Е. А. Кравцов // Цифровая и отраслевая экономика. – 2024. – № 3(35). – С. 102-106.
5. Московцева, Л.В. «Бережливое строительство» как инновационный инструмент в управлении развитием регионального строительного комплекса / Л.В. Московцева, О.В. Журавлева, И.С. Щетинина, О.Н. Митрофанова // ЭПП. – 2021. – № 9. – С. 2175-2188.
6. Chudasama, Ch. What is BIM and why it becomes necessary? / Ch. Chudasama. URL: <https://medium.com/archdraw-outsourcing/what-is-bim-and-why-it-becomes-necessary-3194f5640d28>. (Дата обращения: 07.02.2025).

ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

UDC 620.9

Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryaev A.D. History of development and current state of application of heat pumps in the energy sector

История развития и современное состояние применения тепловых насосов в энергетике

Fedoruk Sofia Sergeevna,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Kashcheev Kirill Olegovich,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryaev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Федорук Софья Сергеевна,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Кащеев Кирилл Олегович,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшаяшколатехнологиииэнергетики

Abstract. The article is devoted to an overview of the history of development and analysis of the current state of the application of heat pumps in the energy sector. The key stages of the development of this technology are considered, starting from the first experimental installations to modern highly efficient systems. Special attention is paid to various types of heat pumps, their characteristics and applications. An analysis of the modern application of heat pumps in heat supply systems is presented.

Keywords: energy, municipal energy, heat pump, refrigerant, energy conversion coefficient, heat supply.

Аннотация. Статья посвящена обзору истории развития и анализу современного состояния применения тепловых насосов в энергетике. Рассмотрены ключевые этапы развития данной технологии, начиная от первых

экспериментальных установок до современных высокоэффективных систем. Особое внимание уделено различным типам тепловых насосов, их характеристикам и областям применения. Представлен анализ современного применения тепловых насосов в системах теплоснабжения.

Ключевые слова: энергетика, коммунальная энергетика, тепловой насос, хладагент, коэффициент преобразования энергии, теплоснабжение.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Тепловые насосы (ТН) представляют собой одно из перспективных направлений в области энергетики, обеспечивая эффективное преобразование и использование тепловой энергии. Их история начинается в середине XX века, когда концепция ТН была впервые разработана и внедрена в практику.

Современные ТН отличаются высокой эффективностью и способностью работать в различных климатических условиях, являясь одним из наиболее перспективных направлений в области энергосбережения. Первый тепловой насос, который был назван «умножителем тепла», был предложен Кельвином еще в 1852 году. Однако патент на технологию ТН был выдан только в 1912 году в Швейцарии. В 20-х годах XX века в Англии была создана первая тепловая насосная установка для отопления и горячего водоснабжения, использующая тепловую энергию окружающего воздуха.

В течение XX века развитие тепловых насосов можно разделить на несколько основных периодов. С 1927 по 1946 год происходило изобретение экспериментальных неэкономичных установок. С 1947 по 1962 год наблюдалось развитие, массовое производство и широкое внедрение реверсивных тепловых насосов – круглогодичных кондиционеров. С 1963 по 1971 год произошло резкое падение спроса на технологию ТН в Европе. Начиная с 1972 года интерес к тепловым насосам возобновился, и разработки в этом направлении продолжаются по настоящее время [1].

Тепловой насос представляет собой установку для переноса теплоты с низкого уровня на более высокий за счет внешнего подвода энергии или работы в цикле. Основное применение заключается в централизованном или индивидуальном теплоснабжении для повышения ее эффективности.

Применение ТН в системах отопления зданий позволит поддерживать температуру воздуха в отапливаемых помещениях в автоматическом режиме. При этом регулирование тепловой нагрузки будет осуществляться по температуре внутреннего воздуха, а не наружного, как это происходит в системах с погодным регулированием [2]. Использование тепловых насосов в системе теплоснабжения имеет несколько преимуществ. Во-первых, ТН могут использовать различные источники энергии, такие

как воздух, вода или грунт, что делает их универсальными. Во-вторых, ТН обладают высокой эффективностью, так как они переносят тепловую энергию из низкотемпературной среды в высокотемпературную среду с использованием минимального количества энергии, что позволяет снизить затраты. В-третьих, ТН обеспечивают стабильный и непрерывный источник тепловой энергии, что является важным для обеспечения комфортных условий в зданиях [3].

Различают парокомпрессионные и абсорбционные тепловые насосы. Простейшая компоновка парокомпрессионных тепловых насосов (ПТН) включает четыре элемента: И – испаритель, КМ – компрессор, К – конденсатор и ДВ – дросселирующий клапан. На простейшей схеме ПТН видно (рисунок 1), как хладагент проходит через различные стадии цикла.

Источник низкопотенциальной теплоты охлаждается за счет кипения (испарения) в трубном пространстве испарителя хладона, который представляет собой низкокипящие фторхлорсодержащие углеводороды, известные как фреоны. Пары фреона из испарителя постоянно отсасываются компрессором, который сжимает подогретые пары фреона до давления конденсации и направляет их в межтрубное пространство конденсатора. В трубное пространство конденсатора поступает нагреваемая среда. На наружной поверхности труб в межтрубном пространстве пары фреона охлаждаются и конденсируются, превращаясь в жидкость, которая затем поступает в переохладитель жидкого хладона, где охлаждается за счет теплообмена с нагреваемой средой. Далее жидкий фреон дросселируется в регулирующем устройстве, понижая свое давление и температуру до давления и температуры в испарителе. Образовавшаяся парожидкостная смесь закипает в испарителе, и пары фреона отсасываются компрессором, замыкая цикл рабочего тела ПТН.

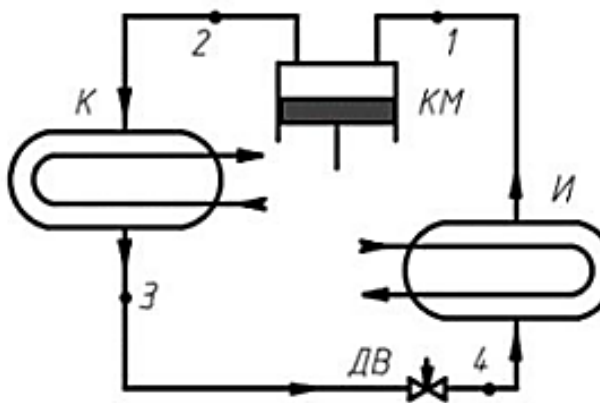


Рисунок 1. Простейшая схема парокомпрессионного теплового насоса

Эффективность применения тепловых насосов определяется коэффициентом преобразования энергии (КПЭ), который является отношением отпущенной теплоты в конденсаторе к затраченной электроэнергии на привод компрессора [4]. В теории КПЭ должен быть больше 1, чтобы считаться эффективным, но на практике рабочий диапазон КПЭ ТУ находится в пределах от 3 до 7. Для более мощных тепловых насосных установок применяют схему с промежуточным теплообменником, где горячий фреон после конденсатора нагревает холодный фреон после испарителя (рисунок 2).

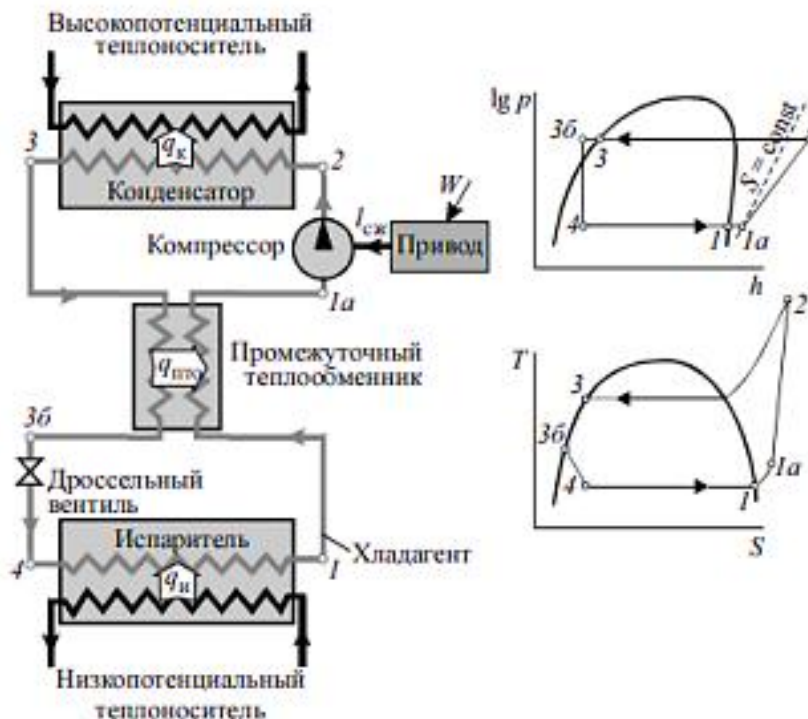


Рисунок 2. Схема и цикл теплового насоса с промежуточным теплообменником

Такие схемы используются в случаях, когда необходимо повысить температурный уровень нагреваемой среды на выходе при неизменной температуре испарения. При этом КПЭ может начать падать, если степень повышения давления в компрессоре превышает значение 7. В таких случаях применяют две ступени компрессии, схема которой представлена на рисунке 3.

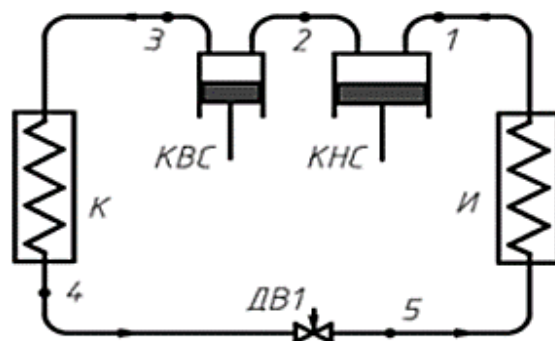


Рисунок 3. Схема ТУ с двухступенчатым сжатием, где КНС – компрессор нижней ступени, КВС – компрессор верхней ступени

Еще одним вариантом является каскадная схема (рисунок 4), представляющая собой два последовательных ТН, соединенных между собой промежуточным теплообменником, который для нижнего цикла является конденсатором, а для верхнего – испарителем. Данное решение позволяет поднять температурный уровень для потребителя тепловой энергии [5]. Эффективность данной схемы перед многоступенчатыми заключается в том, что для каждого цикла подбирается свое наиболее подходящее рабочее тело.

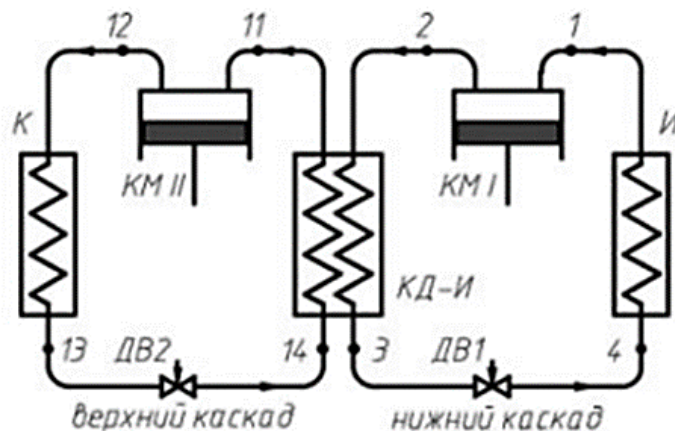


Рисунок 4. Каскадная схема ТУ

Анализ рынка тепловых насосов показал, что интерес к данным энергетическим установкам в мировой энергетике набирает все большие обороты. По данным JARN в 2021 году рост составил 19,3%, достигнув объема в 4,1 млн единиц оборудования. За последние 5 лет мировые темпы роста применения тепловых насосов увеличились в 2-2,5 раза. Согласно отчету Европейской ассоциации тепловых насосов (ЕНРА) в 2022

году продажи тепловых насосов достигли рекордных показателей в 3 млн единиц [6]. Этому способствовала политика в области энергосбережения, должное финансирование со стороны государств и внешнеполитические факторы. Мировая статистика говорит, что 60-70% ТН применяются для коммунально-бытовых нужд. Однако наиболее интересные проекты относятся к оставшимся 30% – применению тепловых насосов в промышленной сфере. Самым крупным проектом применения ТН в энергетике является станция VärtanRopsten, отпускающая 250 МВт тепловой энергии в централизованную систему теплоснабжения Стокгольма с помощью 6-ти тепловых насосов «Uniturbo 50FY», принадлежащих компании «FRIOTHERM», которые утилизируют низкопотенциальную теплоту Балтийского моря [7].

Рассматривая российский опыт, следует упомянуть ЗАО «Энергия», которое стало пионером в разработке и внедрении парокомпрессионных тепловых насосных установок. В 1990 году это предприятие было единственной специализированной компанией на рынке данного низкопотенциального оборудования, но к 2004 году количество таких организаций увеличилось до более чем 20 по всей стране. Это свидетельствует о том, что интерес к тепловым насосам в России постепенно возрастал.

Одним из значительных достижений в области применения ТН в России стал проект на ТЭЦ-28 ОАО «Мосэнерго». Здесь был установлен тепловой насос марки НТ-410-4-9-08 (сокращенно НТ-410), сконструированный на заводе «Компрессор». Установка прошла заводские испытания в июне 1999 года и была введена в промышленную эксплуатацию.

В качестве теплоносителя использовалась циркуляционная вода после конденсаторов с температурой 25-30°C, а нагреваемой средой служила обратная сетевая вода с температурой 45-50°C. Коэффициент преобразования энергии составил от 4,5 до 6. Оценки показали, что даже при работе теплового насоса НТ-410 с коэффициентом преобразования равным 5, себестоимость производимой тепловой энергии более чем в два раза ниже, чем при традиционной комбинированной выработке на теплоэлектроцентрали [8].

Необходимо отметить, что исследования в области тепловых насосов продолжаются и по настоящее время. В Австралии и Новой Зеландии тепловые насосы «воздух-воздух» уже являются наиболее распространенными отопительными приборами. В целом, ТН, использующиеся в качестве основного нагревательного прибора, покрывают около 10% мировой потребности в отоплении помещений.

Однако Институт энергетических исследований РАН рассчитал, что при среднем удельном расходе топлива на электростанциях 340 г у.т./кВт·ч для условий северных

регионов ни одна из схем теплоснабжения с тепловыми насосами компрессионного типа не является топливосберегающей по сравнению с газовыми котлами.

Топливосберегающим эффектом обладают лишь абсорбционные (адсорбционные) установки, они позволяют экономить порядка 20% топлива. Для центральных южных регионов России при оптимальном выборе схемы теплоснабжения с компрессионной ТУ может быть достигнута экономия топлива до 9% – даже по сравнению с использованием котлов на газе. По сравнению с использованием электродкотлов экономия топлива на электростанциях составляет 55-65% соответственно [9].

Таким образом, ТН являются перспективной технологией, способной внести значительный вклад в повышение энергоэффективности страны. Для дальнейшего развития и широкого внедрения тепловых насосов необходима государственная поддержка, стимулирование научных исследований и разработок, а также повышение осведомленности потребителей о преимуществах данной технологии.

References

1. Луканин, П. В., Морозов, Г. А. Низкотемпературные процессы и установки: учеб. пособие / П. В. Луканин, Г. А. Морозов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 135 с.
2. Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения / Н. Н. Гладышев, А. Д. Ширяев, О. А. Долженко, К. О. Кашеев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2024. – № 4. – С. 61-65. – EDN EFZLNB.
3. Ширяев, А. Д. Повышение эффективности систем теплоснабжения: проблемы и решения / А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 75-82. – EDN QEJTVN.
4. Чуйков, Д. А. Система энергосбережения путем рекуперации уходящего тепла / Д. А. Чуйков // НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ : сборник статей XVI Международной научно-практической конференции, Пенза, 17 января 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 63-66. – EDN QOKKOW.
5. Dorofeeva, K. I. Efficiency of weather-dependent regulation of autonomous heat supply systems / K. I. Dorofeeva, M. S. Lipatov // Theory and Practice of Modern Science: the View of Youth, 24 ноября 2022 года. – Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – P. 156-161. – EDN XVWXZA.
6. Industrial heat pumps [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ehpa.org> (дата обращения 10.02.2025).
7. Turning waste energy into added value [Электронный ресурс]. URL: <https://www.friotherm.com/about-us/turning-waste/> (дата обращения 15.02.2025).

8. Разработка и испытание на ТЭЦ-28 ОАО «Мосэнерго» [Электронный ресурс].

URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3638 (дата обращения 15.02.2025).

9. Перспективы применения тепловых насосов в России [Электронный ресурс].

URL: <https://www.elec.ru/publications/alternativnaja-energetika/2809/> (дата обращения 21.02.2025).

UDC 628.517

Popova A.V., Grintsova E.A., Belov P.S., Brovchenko O.A. Air purification in mechanical engineering production

Очистка воздуха на машиностроительном производстве

Popova Anastasia Vladimirovna

Master's student of the STANKIN Moscow State Technical University

Grintsova Evgeniya Andreevna

A student at the STANKIN Moscow State Technical University

Belov Pavel Sergeevich

Associate Professor of the Department of Technology, Equipment and Automation of Machine-Building Industries, STANKIN Moscow State Technical University

Brovchenko Olga Alexandrovna

Senior instructor at the Department of "Technologies of Automated Production" at the STANKIN Moscow State Technical University

Попова Анастасия Владимировна

Магистрант ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

Гринцова Евгения Андреевна

Обучающаяся ЕТИ ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Белов Павел Сергеевич

Доцент кафедры «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» ЕТИ ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Бровченко Ольга Александровна

Старший преподаватель кафедры «Технологий автоматизированного производства» ЕТИ ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. *The paper considers methods of air purification in machine-building production. The air purification system is an important component of the production process at machine-building enterprises. It plays a crucial role in ensuring the safety and comfort of employees, as well as in maintaining the quality of production. In this article, we will look at the main aspects of the air purification system in machine-building production.*

Keywords: *local suction, mechanical workshop ventilation, general exchange ventilation.*

Аннотация. В работе рассмотрены методы очистки воздуха на машиностроительном производстве. Система воздухоочистки является важной составляющей производственного процесса на машиностроительных предприятиях. Она играет решающую роль в обеспечении безопасности и комфорта работников, а также в поддержании качества производства. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты системы воздухоочистки на машиностроительном производстве.

Ключевые слова: *местные отсосы, вентиляция механического цеха, общеобменная вентиляция.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Качество атмосферного воздуха определяется наличием в нем загрязняющих элементов, чья концентрация обусловлена объемом поступающих в воздушное пространство вредных компонентов (выбросов) и степенью их рассеивания в

атмосфере. В условиях современной промышленности актуальной проблемой является устранение загрязнения воздушной среды масляными взвесями и испарениями, выделяющимися в процессе механической обработки металлических изделий с использованием СОЖ. Наряду с этим, важной задачей является борьба с абразивной пылью, образующейся при шлифовальных работах, поскольку эти факторы оказывают неблагоприятное воздействие как на здоровье персонала, так и на экологическую обстановку. Следовательно, создание эффективной системы фильтрации воздуха – очень важно на механообрабатывающих предприятиях.

Чаще всего используются системы вентиляции, технологические и транспортные выпускные системы.

В машиностроении рекомендуется отводить опасные вещества, образующиеся в процессе производства, непосредственно в точках их возникновения. Для этой цели эффективно применять локальные вытяжные системы вентиляции. Благодаря локализованной вентиляции, каждый кубометр воздуха эффективнее справляется с удалением вредных веществ, чем при использовании общей вентиляционной системы. Это позволяет достичь требуемого уровня чистоты в помещении при значительно сниженном объеме воздухообмена. Оборудование на машиностроительных заводах должно иметь встроенные местные вытяжные устройства или размещаться внутри вентиляционного укрытия. Известно, что общеобменная вентиляция малоэффективна при пылеулавливании. В борьбе с пылевыведениями в производственных помещениях местная вытяжная вентиляция, удаляющая запыленный воздух от источников выделения пыли (аспирация), играет решающую роль. Существуют различные методы защиты атмосферного воздуха, которые используются на практике.

При проектировании местных отсосов необходимо учитывать, чтобы выбрасываемые вещества не попадали в зону дыхания человека. Эффективность отсоса определяется его способностью улавливать вредные вещества. Воздух в рабочей зоне должен содержать не более 50% НКПРП вредных веществ при работе отсоса, согласно СНиП 2.04.05-91*.

Местные отсосы должны быть установлены ближе к источнику выбросов, чтобы обеспечить эффективное действие и не создавать помех в процессе производства. Их конструкция должна быть простой, с небольшим гидравлическим сопротивлением, чтобы обеспечить легкость обслуживания. Удаляемый воздух не должен направляться через зону дыхания людей.

Типы местных отсосов

Закрытые местные отсосы - наиболее эффективные. Они помогают избежать проникновения вредных веществ в помещение. Однако иногда приходится

использовать открытые отсосы из-за технологических особенностей. При правильном выборе и установке открытого отсоса можно минимизировать количество вредных веществ в воздухе помещения.

- **Вытяжные шкафы.** Шкафы с рабочим проемом используются для обслуживания технологических процессов и лабораторных исследований с выделением вредных веществ. Вредные выделения удаляются с помощью механической вытяжки, которая включает в себя нижний, верхний и комбинированный отсос воздуха. Нижний отсос используется для удаления тяжелых газов и пыли, а свежий воздух поступает через рабочий проем. (комбинированный отсос - система, которая использует вытяжку как из верхней, так и из нижней зоны).

- **Вытяжные зонты.** Воздухоприемники имеют форму пирамид или конусов и располагаются на расстоянии от источника вредных выделений. Зонты могут быть стационарными или поворотными, но не всегда эффективны из-за возможности отклонения потока воздуха. Подмешивание окружающего воздуха значительно увеличивает расход воздуха через зонт. Установка зонтов сочетает в себе естественную и механическую вытяжку и может быть полезна при интенсивном выделении теплоты.

- **Вытяжные панели.** Панели отличаются от обычных зонтов тем, что у них есть специальные перья, частично перекрывающие всасывающую плоскость. Это позволяет увеличить скорость воздуха в щелях в несколько раз по сравнению с обычным зонтовым отверстием. Такие панели применяются при работах с газами, паром и мелкой пылью, сопровождающихся выделением теплоты. Одной из распространенных конструкций является панель Чернобережского с горизонтальным и вертикальным расположением перьев. Для больших источников вредных выделений используются батарейные установки панелей.

- **Витринные отсосы.** Отсос используется для удаления вредных веществ, которые выделяются при работе с ручным оборудованием. Размеры отсоса выбираются для обеспечения удобства работы.

Закрытые местные отсосы - наиболее эффективные. Их установка предотвращает проникновение вредных веществ в помещение. Однако в некоторых случаях приходится использовать открытые отсосы из-за технологических причин. При правильном выборе и установке открытого отсоса можно минимизировать количество вредных веществ, попадающих в воздух помещения[4].

Исследования показывают, что движение воздуха в помещении влияет на эффективность открытых местных отсосов, особенно при всасывании мелкой пыли.

Положение всасывающего отверстия должно быть оптимальным для захвата пыли в пределах гарантированной зоны всасывания, учитывая характеристики пыли.

Применение системы воздухоочистки на машиностроительном предприятии способствует:

- Система воздухоочистки защищает здоровье работников, предотвращая попадание вредных веществ и снижая риск профессиональных заболеваний.

- Благодаря хорошей вентиляции, работники могут работать в удобных условиях, что увеличивает их производительность.

- Система воздухоочистки на производстве помогает соблюдать нормы по охране труда и экологической безопасности в машиностроении.

При выборе местных отсосов важно обратить внимание на следующие аспекты:

- Характеристики рабочего места включают в себя размеры и опции для крепления.-

- Вид загрязнения, причина появления, объем воздуха для очистки.-

- Факторы окружающей среды: температура, взрывоопасность, запыленность.

Система очистки воздуха необходима в машиностроении для обеспечения безопасности и комфорта работников, а также для поддержания качества производства. Ее эффективная реализация на предприятиях является ключевым фактором успеха и устойчивого развития в отрасли.

References

1. Стуров Д.С. Проектирование и расчет местной вентиляции машиностроительных производств. Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – 220 с.

2. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.П. Тарасова, Б.В. Ермоленко, В.А. Зайцев, С.В. – Эл. изд. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 130 с.: ил. ISBN978-5-9963-0811-8

3. Новое оборудование для очистки воздуха на рабочих местах / Галявов Ю. В. // Экол. пр-ва. - 2005. - № 10. - С. 47-49. - Рус.

4. Очистка воздуха и газа от пыли на производстве - различные методы и материалы фильтрации, а также выбор подходящих фильтров. URL: <https://fakel-f.ru/blog/ochistka-vozduha-ot-pyli> (дата обращения 20.03.2025)

5. Промышленные системы очистки воздуха на предприятиях URL: <https://zenitnova.by/info/articles/chto-takoe-cistema-acpipatsii-i-gde-ona-ppimenyaetsya/promyshlennyye-sistemy-ochistki-vozdukh-na-predpriyatiyakh/> (дата обращения 20.03.2025)

6. Статьи / Очистка газа и воздуха от пыли на производстве: методы, материалы фильтрации, фильтры, выбор URL: <https://fakel-f.ru/blog/ochistka-vozduha-ot-pyli> (дата обращения 20.03.2025)

7. Генезис новой парадигмы экономического развития России: глобальные предпосылки и внутренние факторы конкурентоспособности / П. С. Белов, О. А. Бровченко, Н. В. Василенкова [и др.]. – Самара : НИЦ «ПНК», 2024. – 158 с. – ISBN 978-5-605-19462-0. – EDN IIAKAL.

8. Проблемы взаимодействия человека, общества и природы: концепция устойчивого развития и ее реализация в России / П. С. Белов, А. А. Бровченко, О. А. Бровченко [и др.]. – Нижний Новгород : Профессиональная наука, 2021. – 107 с. – ISBN 978-1-312-75403-4. – EDN OZMIXI.

UDC 620.91:69.003

Yarov Y. Integration of renewable energy sources in building design and construction: international experience

Yarov Yussuf

Kyrgyz National University named after Zhusup Balasagyn, Kyrgyzstan, Bishkek

Abstract. *This article examines the relevance of integrating renewable energy sources (RES) into building design and construction to enhance energy efficiency and sustainable development. Various RES technologies and their impact on reducing operating costs and the carbon footprint of buildings are explored, as well as the adaptability of these solutions to different climatic and economic conditions. The study examines international experience in the use of RES. It includes successful examples from the United States and European countries, which demonstrate diverse approaches to implementing elements of sustainable development.*

Keywords: *renewable energy sources (RES), energy efficiency, sustainable development, solar panels, heat pumps, construction, international experience.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Introduction

Various worldwide sectors experience growing focus on issues of sustainable development and energy efficiency. The escalation of environmental problems and climate change encourages the search for new approaches to resource use. This trend is aimed to minimize harmful impacts on the environment. Renewable energy sources (RES) are one of the key technologies that help reduce carbon emissions. They also make energy supply safer and more independent from traditional fossil fuels.

Integrating RES into the design and construction of buildings allows for consideration of the climate and geographical characteristics of a specific region, maximizing the use of available natural resources. The use of solar panels, heat pumps, wind turbines, and other RES technologies in design helps reduce energy consumption from external sources and optimize operational costs. The development of energy-efficient buildings with integrated RES contributes to the creation of a comfortable and sustainable living and working environment.

Many worldwide countries successfully implement RES programs in construction and achieve significant results. Studying and analyzing the experience of other countries allows for the identification of effective approaches and practices that can be adapted in other regions. It is also important to take into account local specifics. The aim of this study is to explore international experience in integrating RES into building design and construction.

Main part. Methods of integrating RES into buildings

The integration of RES into buildings requires careful planning at all stages of design and construction. The use of modern technologies improves the energy efficiency of buildings and reduces their dependence on traditional energy sources. In 2023, clean energy resources provided about 41% of the electricity in the U.S. More than 16% of total generation came from wind and solar energy. These types are called «variable» RES due to their daily and seasonal fluctuations in availability [1]. Based on 2024 statistics [2], wind energy remains the most widely used type of renewable energy in the U.S. Recent years show a rise in solar energy usage, surpassing hydroelectric power and reaching a level above 870 trillion BTU (fig. 1).

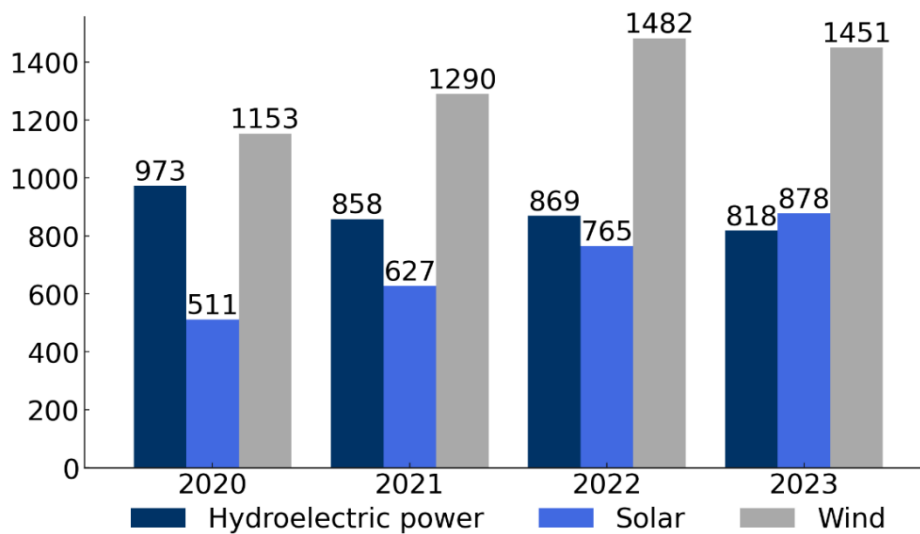


Figure 1. U.S. renewables consumption, trillion Btu

Designing buildings with RES in mind begins with choosing architectural and engineering solutions aimed at minimizing energy demand. One of the key factors is **building orientation**. Optimal orientation maximizes the use of solar energy and minimizes heat loss. For buildings located in northern latitudes, it is recommended that windows and facades with maximum glazing face south to capture more solar heat during the winter months.

Effective **building insulation** plays a vital role in enhancing energy efficiency and reducing energy consumption. The use of modern thermal insulation materials in the building envelope (walls, roof, floors) and window systems minimizes heat loss, significantly reducing the need for additional heating. Solar panels and heat pumps reduce heat loss allows for more efficient use of generated energy and enable the building's energy needs to be largely met by RES.

Solar panels (photovoltaic systems) are one of the most efficient ways to use renewable energy in buildings. They convert sunlight into electricity and reduce the building's

dependence on external energy sources. The efficiency of solar panels depends on the direction of installed devices. Maximum efficiency can be achieved by placing panels on roofs, facades, or other open areas that receive as much sunlight as possible throughout the day. The orientation of the panels typically depends on the building's location. The optimal orientation is south with an angle that provides the maximum incidence of solar rays. To increase productivity, solar trackers can be used. These devices adjust the position of panels to follow the sun throughout the day. Although these systems increase installation costs, they can boost energy output by 35,91% [3].

In modern projects, solar panels are often integrated directly into the building's architecture. This is known as **Building Integrated Photovoltaics (BIPV)**. This technology enables the installation of solar modules on facades, roofs, and even in windows. Glass solar panels can be used in glazing and provide natural lighting and additional energy generation. Such integration improves the building's energy performance and enhances aesthetics. It allows the panels to blend architecturally into the overall design of the building.

Heat pumps and geothermal systems are highly efficient methods of using RES for heating, cooling, and providing hot water to buildings. They use natural energy extracted from the air, water, or ground, which significantly reduces operating costs for energy resources and decreases greenhouse gas emissions.

Heat pumps operate on the reverse Carnot cycle. They use a compressor, evaporator, condenser, and expansion valve to transfer heat from the source to the building. These technologies can work in two modes. In heating mode, they extract heat from the environment and transfer it to the building's heating system. In cooling mode, they remove heat from the building to the outside environment. This approach allows the same system to be used for both heating in winter and cooling in summer [4].

These technologies are becoming increasingly popular in the construction of residential and commercial buildings due to their efficiency and ability to integrate into existing engineering infrastructure. With proper design and installation of heat pumps and geothermal systems, a building can become almost entirely autonomous in terms of heating and cooling.

International experience in incorporation RES

The experience of various countries in integrating RES into building construction reveals effective approaches and methods that can be adapted and applied in other regions. Governments worldwide increasingly recognize the importance of integrating RES into the building sector to address environmental challenges and reduce greenhouse gas emissions [5]. Various policies are implemented to achieve these goals. They target both new constructions and existing buildings. Table 1 provides an overview of policies and measures implemented in the U.S. and Germany for comparison.

Table 1

Policies to encourage renewable energy in building [6]

Country	Types of policies	Measures	Key findings
USA	Government regulation	Policy formulation	Building electrification is promoted through the development of national energy codes, with some cities issuing permits for new construction that prohibit buildings from being connected to natural gas. The development of building appliance standards to encourage the use of renewable energy in buildings helps to increase the demand for renewable electricity.
	Economic incentives	Government financial support	Expressly prohibited is the use of natural gas in new buildings in cities and issue building energy efficiency is codes to improve the energy efficiency of buildings.
Germany	Building performance and quality assurance	Green building certification	The government and non-profit organizations worked together to develop the Energy Conservation Ordinance to promote energy efficiency in buildings, to determine energy consumption in buildings through mandatory energy framework calculations.
	Economic incentives	Financial subsidy	From subsidizing the cost of photovoltaic roofs to providing low-interest rate loans for photovoltaic system projects, to reduce costs, the government has mandated that feed-in tariffs be reduced by 5% per year.

The U.S. is one of the world leaders in implementing RES in building construction. In recent decades, numerous projects have been carried out across the country, aimed at creating sustainable buildings and improving energy efficiency.

The Bullitt Center is built in Seattle, Washington, and considered one of the most environmentally friendly commercial buildings in the world. The project was developed as part of the Living Building Challenge program. It includes strict requirements for energy efficiency and environmental sustainability. The building is equipped with a large photovoltaic installation on the roof that covers 100% of its electricity needs. The installed solar panels generate around 230 MWh per year. This fully meets the building's energy requirements [7]. The Bullitt Center is equipped with a rainwater collection and wastewater recycling system. This method significantly reduces water consumption. The project demonstrates how the integration of RES can contribute to creating an energy-independent and environmentally sustainable office building.

Apple Park is an Apple's headquarters in Cupertino, California. It is one of the most innovative buildings using RES. The building was designed to meet environmental standards and is fully powered by RES. Solar panels on the roof generate around 17 MW of electricity, as they cover a significant portion of its energy needs [8]. The building is also equipped with a geothermal heating and cooling system that maintains a comfortable temperature without using traditional air conditioning systems. Apple Park also incorporates energy storage

systems and wastewater recycling, which reduces its environmental footprint and water consumption.

In the city of Freiburg, known as the "solar capital" of Germany, the **Solar Settlement** residential complex was built, consisting of 59 "passive houses" fully powered by RES [9]. The complex's standard implies minimal energy consumption through high insulation and the use of RES. The buildings are equipped with solar panels on the roofs, which cover their own needs and allow excess electricity to be fed into the local grid. Each house is equipped with a heat recovery system and double glazing. This significantly reduces heat loss and the need for additional heating. The Solar Settlement project demonstrates the integration of the "passive house" standard and active implementation of RES.

The examples of the U.S. and Germany illustrate that successful integration of RES into buildings is possible at various levels. International experience in RES can serve as a model for the development and implementation of similar projects in other countries. In the future, it can contribute to the reduction of the carbon footprint and the enhancement of energy efficiency in the construction industry.

Conclusion

The integration of RES into building design and construction is an important step towards sustainable development. Modern technologies, such as solar panels, heat pumps, geothermal systems, make it possible to significantly reduce energy consumption and supply buildings with energy from environmentally friendly sources. The incorporation of RES in buildings enhances their energy efficiency and substantially reduces operating costs. This implementation makes these solutions economically beneficial in the long term. International experience, including examples from the U.S and Europe countries, shows that the use of RES in construction can be successfully adapted to various climatic and economic conditions.

References

1. Renewable Energy Integration / National Renewable Energy Laboratory // URL: <https://www.nrel.gov/grid/renewable-energy-integration.html> (date of application: 01.11.2024).
2. Renewable & Alternative Fuels / U.S. Energy Information Administration // URL: <https://www.eia.gov/renewable/> (date of application: 03.11.2024).
3. Wu C.H., Wang H.C., Chang H.Y. Dual-axis solar tracker with satellite compass and inclinometer for automatic positioning and tracking // Energy for Sustainable Development. 2022. Vol. 66. P. 308-18.

4. Parrish B., Hielscher S., Foxon T.J. Consumers or users? The impact of user learning about smart hybrid heat pumps on policy trajectories for heat decarbonization // Energy Policy. 2021. Vol. 148. P. 112006.
5. Uliankina I.V. Impact of renewable energy on market strategies in the USA: analysis of sustainable business models // Vestnik nauki. 2024. Vol. 1. No. 7(76). P. 147-156.
6. Chen L., Hu Y., Wang R., Li X., Chen Z., Hua J., Osman A.I., Farghali M., Huang L., Li J., Dong L. Green building practices to integrate renewable energy in the construction sector: a review // Environmental Chemistry Letters. 2024. Vol. 22(2). P. 751-84.
7. Solar Panels / Bullitt Center / URL: <https://bullittcenter.org/building/building-features/solar-district-1/> (date of application: 09.11.2024)
8. Apple now globally powered by 100 percent renewable energy / Apple / URL: <https://www.apple.com/newsroom/2018/04/apple-now-globally-powered-by-100-percent-renewable-energy/> (date of application: 10.11.2024).
9. Droege P. The Renewable City: The Future of Low-Carbon Living: The Istanbul Protocol // Accelerating the Transition to a 100% Renewable Energy Era. 2020. P. 73-98.

REVIEWS AND ANALYSIS

UDC 614.849

Aksenov S.G., Sinagatullin F.K., Rizvanov R.R. On the issue of fire safety at mass events

К вопросу о пожарной безопасности на массовых мероприятиях

Aksenov Sergey Gennadievich

Doctor of Economics, Professor,
Ufa University of Science and Technology, Russian Federation, Ufa

Sinagatullin Fanus Kanzelkhanovich

Ufa University of Science and Technology, Russian Federation, Ufa

Rizvanov Robert Ruslanovich

Student,
Ufa University of Science and Technology, Russian Federation, Ufa
Аксенов Сергей Геннадьевич
д-р э.н., профессор,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа
Синагатуллин Фанус Канзелханович
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа
Ризванов Роберт Русланович
студент,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

Abstract. Fire safety at mass events is an important aspect that requires special and sensitive attention from both organizers and participants. This article examines the main factors affecting fire safety, modern approaches to ensuring it, examples of successful practice and recommendations for organizing safe events. We will also analyze legislative norms related to fire safety and provide examples of incidents to highlight key aspects that are worth paying attention to.

Keywords: fire safety, mass events, evacuation, legislation, practical examples, risks, safety, labor protection.

Аннотация. Пожарная безопасность на массовых мероприятиях – это важный аспект, который требует особого и чуткого внимания как со стороны организаторов, так и со стороны участников. В данной статье рассматриваются основные факторы, влияющие на пожарную безопасность, современные подходы к ее обеспечению, примеры успешной практики и рекомендации для организации безопасных мероприятий. Мы также проанализируем законодательные нормы, касающиеся пожарной безопасности, и приведем примеры инцидентов, чтобы выделить ключевые аспекты, на которые стоит обратить внимание.

Ключевые слова: пожарная безопасность, массовые мероприятия, эвакуация, законодательство, практические примеры, риски, безопасность, охрана труда.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Пожарная безопасность на массовых мероприятиях, такие как концерты, спортивные соревнования и фестивали, привлекают тысячи людей и могут быть связаны с определенными рисками, в том числе и пожарной безопасности. По данным Гражданской защиты России, за последние пять лет было зарегистрировано более 300 инцидентов с огнем на массовых мероприятиях, что подчеркивает необходимость тщательной подготовки и контроля. Пожарная безопасность — это не просто формальность, это обязательство перед участниками, организаторами и обществом.

Некоторые из основных рисков, связанные с пожарной безопасностью на массовых мероприятиях, включают:

Перенаселение территории: Чрезмерная концентрация людей в ограниченном пространстве сильно затрудняет эвакуацию в случае возникновения пожара.

Необработанные материалы:

- использование легковоспламеняющихся материалов (например, ткани, билборды) для оформления сцен и площадок.
- также использование не качественных электрических приборов. нарушение норм: часто организаторы не учитывают выполнение требований пожарной безопасности, что может привести к пожару трагическим последствиям.
- отсутствие контроля за оборудованием: лампы, звуковое и световое оборудование могут стать источниками пожара, если они неисправны или неправильно установлены.

В Российской Федерации действуют строгие правила, касающиеся пожарной безопасности, основанные на Федеральном законе

РФ № 69-ФЗ "О пожарной безопасности". Этот закон определяет общие требования, которые должны соблюдаться на массовых мероприятиях.

Важными элементами этого законодательства являются:

- Обязанность организаторов составлять план эвакуации.
- Наличие первичных средств пожаротушения (огнетушителей).
- Проведение инструктажей для персонала о действиях в случае возникновения пожара.
- Наличие пожарной сигнализации(звуковая и световая)

Эти нормы не просто рекомендации ,а обязательства, которые имеют силу закона. Нарушение этих норм может привести к административной ответственности и уголовным последствиям.

Пример 1: Пожар на фестивале в Барселоне (2017)

На одном из музыкальных фестивалей в Барселоне в 2017 году произошел пожар, вызванный неосторожным обращением с пиротехникой. Один из зрителей неправильно использовал фейерверк, что привело к возгоранию частей сцены. Эвакуация прошла успешно благодаря четко организованному плану, однако инцидент напомнил о важности соблюдения правил и инструктажей [1]

Пример 2: Спортивные мероприятия

На спортивных соревнованиях, таких как матчи по футболу, часто проводятся демонстрации с использованием пиротехники. В таком случае крайне важно, чтобы организаторы заранее информировали зрителей о запрете на использование световых эффектов, так как это может вызвать панику и увеличить риск возникновения пожара.

Например, матч чемпионата России по футболу между «Динамо» и «Зенитом» в 2012 году был прерван из-за зажженной петарды на трибунах, что привело к массовой эвакуации [2].

Также в матче 9-го тура чемпионата России «Рубин» - «Торпедо» Болельщики хозяев устроили пожар на трибуне. В конце первого тайма на стадионе «Казань Арена» . В перерыве встречи пожарные ликвидировали [3].

Планирование эвакуации — один из важнейших аспектов пожарной безопасности при организации массовых мероприятий. По данным исследования, проведенного Институтом безопасности и экологии, правильное планирование эвакуации может снизить риск травм на 85%. Ключевые моменты, которые стоит учитывать:

1. Создание четких маршрутов эвакуации: Должны быть обозначены все возможные выходы, а также установлены дополнительные указатели.
2. Информирование участников события: Правила поведения в случае пожара следует довести до каждого участника мероприятия. Это можно сделать через объявления, информационные стенды и листовки.
3. Обучение персонала: Все работники должны быть обучены действиям в экстренных ситуациях, что позволит снизить уровень хаоса во время эвакуации.
4. Обозначить расположения в организации пожарно-технического инвентаря и средств пожарно-технического инвентаря и средств пожарной защиты (огнетушители, средства индивидуальной защиты и т.д.)

Современные технологии могут сильно повысить уровень пожарной безопасности на массовых мероприятиях. Например, использование систем автоматического пожаротушения, дымовых извещателей и видеонаблюдения может помочь в раннем обнаружении очагов возгорания.

Некоторые компании предлагают мобильные приложения для контроля за безопасностью, которые могут уведомлять организаторов о возможных угрозах.

В 2021 году в Сочи на международном молодёжном фестивале была внедрена система мониторинга, которая в реальном времени отслеживала температурные показатели и уровень дыма на площадке. Благодаря этому инциденты были выявлены до их критического уровня, что позволило оперативно реагировать и предотвратить негативные последствия. [1.1]

Некоторые организаторы делятся своим опытом по обеспечению пожарной безопасности.

Например, группа организаторов одного из летних фестивалей регулярно проводила тренировки по эвакуации, что позволило им выработать отработанные схемы взаимодействия в экстренных ситуациях. Они отмечают, что такая подготовка позволила не только повысить уровень безопасности, но и улучшить общий климат на мероприятии.

Таким образом пожарная безопасность на массовых мероприятиях — это сложная, но крайне важная задача. Серьёзный подход к планированию и организации мероприятий по обеспечению безопасности может не только сохранить здоровье людей, но и уберечь организаторов от серьёзных последствий. Внимание к деталям, соблюдение законодательства и использование современных технологий помогут минимизировать риски и сделать массовые мероприятия безопасными и комфортными для всех участников.

References

1. Аксенов, С. Г., Синагатуллин Ф.К. Чем и как тушить пожар // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2020) : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Уфа, 17 ноября 2020 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 146-153. Михайлова, В. А. Пожарная опасность складских зданий / В. А. Михайлова,
2. Аксенов С. Г. К вопросу обеспечения первичных мер пожарной безопасности в муниципальных образованиях // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020): Материалы II Международной научно-практической конференции, Уфа, 08 апреля 2020 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 242-244.
3. Аксенов С.Г., Файзуллин Р.Ф., Шевель П.П., Ильин И.П. Автономный пожарный извещатель - устройство, спасающее жизнь и имущество граждан // Современные

проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2020) : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Уфа, 17 ноября 2020 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 209-215.

4. Аксенов С. Г., Исхаков Э.Р. Пожарно-прикладной спорт: организация врачебных наблюдений за спортсменами, профилактика спортивного травматизма и оказание первой медицинской помощи //Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма: Материалы международной научно-практической конференции, Уфа, 19–21 марта 2015 года. – Уфа: Педагогическая книга, 2015. – С. 361-365.

5. Аксенов С. Г. К вопросу об организации спортивного городка по пожарно-прикладному спорту // Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма : Материалы X Международной научно- практической конференции, Уфа, 24–26 марта 2016 года / Г. И. Мокеев(ответственный редактор). – Уфа: ГОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет", 2016. – С. 630-635

UDC 721

Mironchuk E.V., Dvoeglazov V.M., Mironchuk Y.E. The impact of modern design on the efficiency of the banking sector

Влияние современного дизайна на эффективность банковской сферы

Mironchuk Elena Valentinovna,

Senior Lecturer, Faculty of Fine Arts and Folk Crafts,
Federal State Educational Institution of Higher Education "State University of Education"
Moscow

Dvoeglazov Vladislav Mikhailovich,

student of the Faculty of Fine Arts and Folk Crafts,
Federal State Educational Institution of Higher Education "State University of Education"
Moscow

Mironchuk Yuri Eduardovich,

doctor of polyclinic No. 59
State Budgetary Healthcare Institution DSP No. 59
of the Moscow Department of Health
Мирончук Елена Валентиновна,
старший преподаватель факультета изобразительного искусства
и народных ремёсел,
ФГАОУ ВО "Государственный Университет Просвещения",
город Москва
Двоеглазов Владислав Михайлович,
студент факультета изобразительного искусства и народных ремёсел,
ФГАОУ ВО "Государственный Университет Просвещения",
город Москва
Мирончук Юрий Эдуардович,
врач поликлиники № 59
ГБУЗ ДСП № 59 Департамента здравоохранения г. Москвы

Abstract. This article examines the features of the influence of modern design on the efficiency of the banking sector, as a strong and influential tool that promotes the growth of bank employees' performance, attracting a client base, which subsequently develops into the growth of the company. Based on the analysis of the results of theoretical research in this area, the authors have identified modern trends in the design of office spaces for the banking sector. The article provides specific examples confirming the authors' theoretical assumptions. The conclusion is substantiated that for each bank, an investment in a comfortable and functional workspace is important, which has a direct impact on the efficiency of employees, their productivity and well-being. The economic value of introducing design innovations into a bank office is determined by an increase in profitability, an increase in the scale of business due to the presence of an implemented high-quality design project.

Keywords: modern office design, office spaces, workplaces, design project, design innovations, environmental friendliness, productivity.

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности влияния современного дизайна на эффективность банковской сферы, как сильного и влиятельного инструмента, способствующего росту работоспособности сотрудников банка, привлечения клиентской базы, перерастающее впоследствии в рост компании. На основе анализа результатов теоретических исследований в данном направлении, авторами определены современные тренды в дизайне офисных пространств для банковской сферы. В статье приведены конкретные примеры подтверждающие теоретические предположения авторов. Обоснован вывод о том, что для

каждого банка важна инвестиция в удобное и функциональное рабочее пространство, что оказывает прямое влияние на эффективность работы сотрудников, на их продуктивность и самочувствие. Экономическая ценность внедрения в банковский офис дизайн-инноваций определяется увеличением доходности, увеличением масштабов бизнеса за счет наличия реализованного качественного дизайн-проекта.

Ключевые слова: *современный офисный дизайн, офисные пространства, рабочие места, дизайн-проект, дизайн-инновации, экологичность, продуктивность.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

Введение

Современный офисный дизайн внутри банковской сферы уже не является вопросом только лишь эстетики. Теперь это является крайне сильным и влиятельным инструментом, способствующим росту продуктивности сотрудников банка, привлечения клиентской базы, и, конечно же, перерастающее впоследствии в рост компании.

В нынешних условиях жесткой рыночной конкуренции и крайне оперативно сменяющихся предпочтениях целевой аудитории от банков требуется гибкость и способность к переосмыслению рабочих пространств, преобразуя их из формальных и условных в актуальные.

Следует согласиться с мнением Галактионова А.И., Карамзиной Е.В., Майерса Д., Мирончука Д.Э, Мирончука Ю.Э., Холла Э., отметивших, что дизайн основанный на современных трендах в дизайне офисных пространств для банковской сферы являются значимым условием роста эффективности функционирования и конкурентоспособности банковской сферы [1, 2, 7, 8, 10, 12].

Обращаясь к современным трендам в дизайне офисных пространств для банковской сферы, можно констатировать, следующее:

- Открытые пространства: отказ от кабинетов закрытого типа в пользу современных открытых зон. Данное устройство пространства крайне положительно сказывается на тимбилдинге и способствует генерации новых идей и их обмену, так же это сказывается и на прозрачности взаимоотношений между сотрудниками.

- Разнонаправленные рабочие места: Одним из важнейших критериев современного дизайна является возможность предоставить сотруднику выбрать желаемое место работы в зависимости от его целей и задач [7].

- Зоны отдыха, закрытые кабинки на 1-2 персоны, переговорные комнаты и т.п. Выполнение этого условия повышает удовлетворенность сотрудника, что в последствии повышает успешность банка.

- **Ориентация на человека:** что может быть важнее для сотрудника, чем находиться в том месте, где он ощущает свои условия труда как крайне комфортные? Целью работодателя является создать эти условия. Достижение этой цели способствует использование эргономичной мебели (натуральность, модульность, трансформируемость и безбарьерность), качественное и продуманное освещение, планировка зон релакса и отдыха, уют и зелень. Снижая уровень стресса и улучшая самочувствие работников, компания повышается их эффективность [2].

- **Внедрение технологий:** в век, когда человек окружен всеми благами технологического прогресса, нужно сохранять данную тенденцию и в условиях офиса. Добиться данного результата можно при использовании в офисе таких атрибутов как: беспроводные зарядные станции, интерактивные экраны, интеграция передовых систем ПК и дополнительной техники и т.д. Внедрение зон, где клиент может самостоятельно ответить на свой запрос с помощью виртуальных ассистентов и умных геймифицированных интерфейсов. Целью этих действий является создание как можно более современного пространства вокруг сотрудников [4, 5, 11]

- **Брендинг и корпоративная культура:** Дизайн-концепция офисного пространства должна экстраполировать на сотрудников ценности банка, отражать всю суть его корпоративной культуры, фиксировать уникальность и идентичность именно этой компании. Фирменный стиль банка, включающий в себя множество элементов: цвет, шрифт, товарный знак и т.д. должны быть ключевым элементом в оформлении банковского пространства. Шрифтовые и графические элементы должны проявляться через их простоту и понятность, вызвать искренние положительные эмоции. Эмоциональный контакт с клиентом поможет создать использование 2D и 3D [3].

- **Экологичность:** ввиду актуальной проблемы экологии и сохранения окружающей среды, категорически рекомендуется использование в отделке и мебели как можно большее количество натуральных материалов. Так же желательно внедрять энергоэффективные системы освещения и максимально интегрировать озеленение в интерьер.

- **Статистическое влияние на рост компании.** Согласно разносторонним исследованиям (Галактионов А. И., Карамзина Е. В., Майерс Д. и др.) сегодня мы можем узнать, что инвестиции в направление современного дизайна внутри офисного пространства крайне положительно сказывается на ключевых параметрах для бизнеса.

- **Повышение продуктивности.** Исследование американского научно-популярного журнала Harvard Business Review (HBR) наглядно демонстрирует, что компании,

вкладываемые в дизайн рабочих пространств для своих сотрудников, демонстрируют невероятный рост производительности, увеличивая этот параметр на 20% [12].

- Удержания персонала: удобный, комфортный и привлекательный рабочий ареал понижает параметр кадровой текучки, и способствует повышению лояльности среди сотрудников [1]. Исследования помогают нам узнать, что только благодаря качественному дизайну, параметр текучести кадров снижается на 30%.

- Привлечение талантливых специалистов: если кто и может вести вперед компанию, то это качественные кадры внутри неё. Благодаря исследованиям удалось узнать, что офис с современным внутренним устройством способствует привлечению лучших работников. 80% кандидатов при выборе работодателя обращают внимание на офис.

- Улучшение имиджа бренда: офис, отвечающий всем современным требованиям, генерирует вокруг себя крайне положительные впечатления о банке в глазах клиентов и партнеров, что способствует его утверждению на конкурентном рынке.

- Рост инноваций: качественно спроектированные и созданные открытые пространства внутри офисов способствуют активному движению идей и стимуляции инноваций, в любую эпоху, инновации являются одним из главных факторов успеха. Исследования показывают, что компании с открытой планировкой на 15% более инновационны.

- Рост прибыли: конечно, нельзя рассматривать все изменения только на этапе здесь и сейчас, в долгосрочной перспективе инвестирование и дизайн офисного пространства приводит к значительному увеличению прибыли компании за счет всех оглашенных выше факторов.

- Индивидуализация дизайна: невозможно стандартизировать современный дизайн, он является индивидуальным для каждого банка, у каждого собственная мысль, идея и посыл. Нет универсального дизайна, который подойдет всем компаниям.

Приведем конкретные примеры подтверждающие наши теоретические предположения.

Банк ING (Амстердам, Муниципалитет Амстердама, Северная Голландия, Нидерланды). Офисы данной компании в Амстердаме и других городах славятся своими невероятными открытыми пространствами, зонами для коллаборации и универсальными рабочими местами.

В свои площадки они интегрируют концепцию Activity-based working (ABW), которая позволяет каждому сотруднику выбрать удовлетворяющее его потребностям рабочее место. Это привело к активному росту вовлеченности и продуктивности.

Capital One Financial Corporation — американская банковская холдинговая компания, офисные пространства данной компании выделяются крайне концептуальным и современным дизайном, их офисы в США и Канаде насыщены обилием естественного света и повышенной технологичной оснащённостью. Одной из главных инвестиций компании являются затраты на создание зон отдыха и релакса для сотрудников.

Банки в Скандинавии: Большое количество банков в Скандинавии концентрируются на крайне минималистичном дизайне, с интеграцией большого количества натуральных материалов, а так-же созданию высоко экологических рабочих мест. Данная политика свидетельствует о приверженности собственным принципам устойчивого развития и создает вокруг них крайне положительное мнение.

Помимо обращения к современным трендам в дизайне офисных пространств необходимо при инвестициях в дизайн-проектирование помнить о видах планировок офиса и их особенностях, так как выбор планировки офиса — это важный аспект, который влияет на комфорт работников и на эффективность их труда.

На самом деле, выделяют три вида планировки офисного пространства:

1. Кабинетная планировка:

- Характеристики: в здании крайне выражена иерархическая структура, пространства разделены на отдельные комнаты с помощью перегородок или стен. Всегда сразу понятно, что руководители находятся в своих собственных кабинетах, а персонал в общих залах или «кубиках». Активно выделяются помещения для переговоров и конференц-залы.

- Функция: размещение по ярко выраженной иерархической, вертикальной структура управления. Возможность концентрации на работе без отвлечения на посторонние шумы и присутствие других людей. У руководства отсутствует контроль над работой сотрудников.

- Актуальность: сильная утрата популярности в последние десятилетия, ощущается рьяная просадка в конкуренции с гибкими форматами офисов.

2. Офисы открытой планировки (OpenSpace):

- Характеристики: обширные открытые пространства, где минимизировано деление на зоны и в большинстве случаев сведено к одной единственной. Количество перегородок так же так мало, на сколько это возможно, возможно использование мобильных перегородок. Часто присутствуют общие коммуникационные зоны.

- Функция: ключевой является стимулирование тимбилдинг настроения внутри коллектива, генерация и обмен идей, позволяет хорошо контролировать работу сотрудников и экономить электроэнергию.

- Актуальность: является одним из самых передовых и популярных форматов организации офисного пространства, подходящий под большой перечень потребностей современного бизнеса.

3. Смешанная планировка, сочетает в себе элементы кабинетного и открытого пространства.

- Функция: обеспечивает отличную адаптацию под нужды офиса.
- Актуальность: является одним из самых востребованных подходов к организации пространства офиса.

Кроме того, необходимо отметить, что передовые офисные пространства нацелены на сочетание множества разносторонних факторов, таких как: функциональная наполненность, комфортность, но особенно актуально в наше время - это экологичность офиса:

- Характеристики: высокий уровень использования различных эко-материалов. Множественные энергоэффективные установки, оборудование и системы. Большое количество зеленых насаждений, различные фитоперегородки и фитостены. Отхождение по максимуму от искусственного освещения и максимизация естественного типа света. Генерация рабочей среды, отвечающей всем требованиям здоровой и комфортной атмосферы [6, 9].

- Функция: минимизирование вредоносного воздействия на окружающую среду, попытка создать рабочую среду с максимальным уровнем здоровых условий труда.

- Актуальность: популярность такого типа планирования здания значительно растет с течением времени, на этом показателе сказывается повышенное внимание к экологическим проблемам на нашей планете.

Следует так же отметить, что в нынешнее время наличие у офиса современного дизайн решения это не только погоня за трендом, в нынешнее время это необходимое условие для существования в условиях агрессивного современного рынка.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сформулировать вывод о том, что для каждого банка сегодня, как никогда, важна инвестиция в удобное и функциональное рабочее пространство. Оно оказывает прямое влияние на эффективность работы сотрудников, на их продуктивность и самочувствие. Так же немаловажную роль играет и привлечение клиентов за счет наличия реализованного качественного дизайн-проекта. Все это считается инвестицией, которая многократно возвращается в виде увеличения прибыли компании, так же способствует укреплению позиций банка на рынке.

References

1. Галактионов, А. И. Дизайн офисных пространств: современные тенденции и практики / А. И. Галактионов. – М.: Стройиздат, 2020. – 280 с.
2. Карамзина, Е. В. Психология рабочей среды: как создать комфортное пространство / Е. В. Карамзина. – СПб.: Питер, 2019. – 320 с.
3. Коробанов, А. В. Основы проектирования фирменного стиля : Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений / А. В. Коробанов, Е. В. Мирончук. – Москва : Издательство "Перо", 2016. – 107 с.
4. Ларионова, Н. Л. Инновационные материалы в дизайне интерьера / Н. Л. Ларионова, Е. В. Мирончук, К. А. Кондрашова // Искусство и дизайн в контексте развития современного гуманитарного образования : Сборник научных статей факультета ИЗО и НР. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Эдитус", 2024. – С. 148-155.
5. Львова, Н. С. Инструменты нейросетей в game-дизайне / Н. С. Львова, Н. И. Меркулова, Е. В. Мирончук // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности : Сборник трудов XXVI Международной конференции, XXIV Международного конкурса научных и научно-методических работ, III Международного конкурса "Нейросетевой рисунок", Мытищи-Москва, 09–10 ноября 2023 г. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Экон-Информ", 2023. – С. 183-185..
6. Львова, Н. С. Гармонизация среды средствами флористического дизайна / Н. С. Львова, И. А. Львова // Наука на благо человечества - 2023 : Материалы Международной научной конференции молодых учёных. Статьи преподавателей и аспирантов, Москва, 17–28 апреля 2023 г. – Москва: ФГБОУ ВО "Государственный университет просвещения", 2023. – С. 205-210.
7. Майерс, Д. Социальная психология в организации / Д. Майерс. – М.: Эксмо, 2017. – 512 с.
8. Мирончук, Е. В. Значение дизайна в организации предметно-пространственной среды стационарного медицинского учреждения / Е. В. Мирончук, Р. Ю. Косухин, Ю. Э. Мирончук // Инновации в социокультурном пространстве : Материалы XVII Международной научно-практической конференции, Благовещенск, 18 апреля 2024 года. – Благовещенск: Амурский государственный университет, 2024. – С. 111-117.
9. Мирончук, Е. В. Фитодизайн как средство создания художественного образа интерьера / Е. В. Мирончук, Н. Л. Ларионова, О. В. Истомина // Искусство и дизайн в контексте развития современного гуманитарного образования : Сборник научных

статей факультета ИЗО и НР. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Эдитус", 2024. – С. 199-205.

10. МIRONЧУК, Е. В. Дизайн-проект оформления ресторanno-гостиничного комплекса «Фритта», города Вышний Волочек: этапы создания / Е. В. МIRONЧУК, Т. Ю. Кастромитина, Д. Э. МIRONЧУК // Инновации в социокультурном пространстве : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Благовещенск, 20 апреля 2023 года. Том Часть I. – Благовещенск: Амурский государственный университет, 2023. – С. 105-109.

11. Норман, Д. Дизайн привычных вещей / Д. Норман. – М.: Вильямс, 2016. – 416 с.

12. Холл, Э. Невидимая архитектура: как пространство влияет на поведение / Э. Холл. – М.: Альпина Паблишер, 2020. – 280 с.

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS

UDC 620.9

Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryaev A.D. Assessment of the economic feasibility of using hybrid power plants based on solar energy and the Brayton cycle

Оценка экономической целесообразности применения гибридных энергоустановок на основе солнечной энергии и цикла Брайтона

Fedoruk Sofia Sergeevna,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Kashcheev Kirill Olegovich,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryaev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Федорук Софья Сергеевна,
Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая
школа технологии и энергетики

Кашеев Кирилл Олегович,
Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая
школа технологии и энергетики

Ширяев Александр Дмитриевич,
Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая
школа технологии и энергетики

Abstract. The article presents an assessment of the economic efficiency of using hybrid power plants integrating solar energy and the Brighton cycle for electricity generation. The analysis of capital and operating costs, as well as the potential generation of electric energy in various climatic conditions, is carried out. The main factors influencing the economic efficiency of hybrid installations are considered.

Keywords: economic feasibility, hybrid power plant, solar energy, small distributed energy, gas turbine plant.

Аннотация. В статье представлена оценка экономической эффективности применения гибридных энергоустановок, интегрирующих солнечную энергию и цикл Брайтона, для производства электроэнергии. Проведен анализ капитальных и эксплуатационных затрат, а также потенциальной выработки электрической энергии в различных климатических условиях. Рассмотрены основные факторы, влияющие на экономическую эффективность гибридных установок.

Ключевые слова: экономическая целесообразность, гибридная энергоустановка, солнечная энергия, малая распределенная энергетика, газотурбинная установка.

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

Энергетическая стратегия Российской Федерации направлена на развитие и укрепление энергетического сектора страны. Одним из ключевых направлений является ввод в эксплуатацию новых энергетических мощностей, отвечающих современным требованиям эффективности и надежности. При этом, важным условием является экономическая целесообразность каждого проекта и его вклад в общую энергетическую безопасность страны. Особое внимание уделяется развитию и модернизации научно-технической базы, что позволит внедрять передовые технологии и повышать эффективность использования существующих ресурсов [1]. Стратегия предусматривает планомерную работу по обновлению энергетической инфраструктуры и повышению ее устойчивости к внешним факторам.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что внедрение гибридных мини-ТЭС является актуальным и осуществимым шагом для развития энергетического сектора России. Существует множество вариантов гибридизации технологических схем мини-ТЭС, например, объединяющих энергию Солнца и цикл Брайтона. Одним из наиболее перспективных решений является последовательная структура гибридизации, где солнечный источник энергии и камера сгорания газотурбинной установки могут работать при максимальных температурах (рисунок 1) [2]. При такой компоновке температура на входе в газовую турбину будет такой же, как и на выходе из камеры сгорания, что позволит вводить большие проценты солнечной тепловой энергии в цикл без влияния на производительность и эффективность турбины [3].

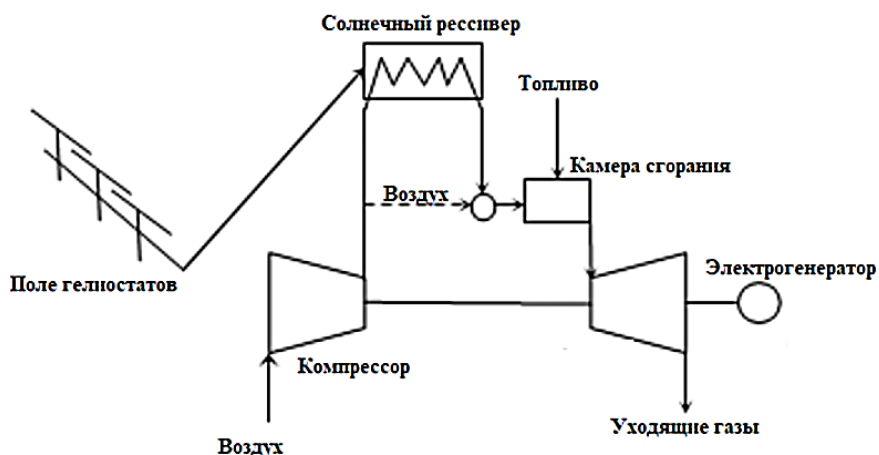


Рисунок 1. Принципиальная схема гибридной мини-ТЭС с солнечным воздухонагревателем

Для оценки экономической целесообразности применения таких установок необходимо провести технико-экономический расчет. Рассмотрим методику расчета капитальных затрат и эксплуатационных расходов для гибридной мини-ТЭС малой мощности.

Суммарные капитальные затраты в объект включают капитальные затраты, имеющие место на всех этапах инвестиционного периода, т.е. на прединвестиционной, инвестиционной (на стадии создания объекта) и эксплуатационной стадиях [4].

На прединвестиционной стадии в составе капитальных затрат учитываются:

1) расходы на предварительные технико-экономические исследования, маркетинговые исследования, на разработку проекта создания технико-экономического обоснования;

2) затраты на создание временных сооружений и пр.

На стадии осуществления проекта (инвестиционной стадии) оцениваются капитальные затраты в основной капитал:

1) затраты на приобретение лицензии, дающей право осуществлять производство и /или передачу энергии на данной территории;

2) затраты на покупку земельного участка и на подготовку его к началу строительства объекта;

3) затраты на строительство зданий, сооружений;

4) затраты на покупку и монтаж основного и вспомогательного оборудования;

5) затраты на формирование оборотного капитала, необходимого для начала полной или частичной эксплуатации объекта. Сюда включаются расходы на создание запасов топлива на объекте, запасов вспомогательных материалов, необходимых в процессе эксплуатации, запасных частей и т.д.;

6) расходы на пусковые испытания, пуск и ввод в эксплуатацию объекта;

7) затраты на природоохранные мероприятия.

На стадии эксплуатации капитальные затраты имеют место лишь тогда, когда в соответствии с проектом необходима замена части оборудования через определенный срок. В эту группу капитальных затрат включаются также расходы по ликвидации объекта в конце его жизненного цикла – это затраты на демонтаж зданий, оборудования, рекультивацию земли.

На стадии разработки проекта энергогенерирующих установок капитальные затраты определяются по смете капитальных затрат, в которой определяются денежные, материальные и трудовые затраты, связанные с приобретением оборудования, строительных и конструкционных материалов, выполнением в полном объеме строительно-монтажных работ по данному объекту. Исходной информацией

для составления сметы капитальных затрат служат данные проекта: состав оборудования, объем строительных и монтажных работ, нормы расценки на строительно-монтажные работы, прейскуранты (или договорные цены) на оборудование.

Ввиду большой трудоемкости составление сметы целесообразно и возможно лишь при наличии пакета проектной документации, в котором определены состав основного, вспомогательного оборудования, площадка размещения объекта, архитектурно-планировочные решения, конструкция и размеры зданий и сооружений и т.д. На этапе предварительных технико-экономических исследований капитальные вложения рассчитываются, как сумма затрат на основное оборудование и затраты на прединвестиционной стадии [5].

Эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле:

$$C = S_{ам} + S_0 + S_{топ} + S_{опл.тр.},$$

где $S_{ам}$ – амортизационные отчисления, руб./год;

S_0 – затраты на обслуживание и ремонт, руб./год;

$S_{топ}$ – затраты на топливо на технологические цели, руб./год;

$S_{опл.тр.}$ – основная заработная плата производственных рабочих, отчисления на социальные нужды с заработной платы персонала предприятия, руб./год.

Амортизационные отчисления $S_{ам}$ находятся по формуле:

$$S_{ам} = a_{ам} \cdot k_б \cdot 10^{-2},$$

где $k_б$ – это балансовая стоимость основных фондов в руб.;

$a_{ам}$ – норматив амортизационных отчислений, %.

Величина затрат на техническое обслуживание и ремонт основных средств энергообъекта определяется согласно СО 34.20.611-2003 «Нормативы затрат на ремонт в процентах от балансовой стоимости конкретных видов основных средств электростанций» или для приблизительной оценки принимаются в размере 20-30% от амортизационных отчислений [6]:

$$S_0 = (0,2 - 0,3) \cdot S_{ам}.$$

Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии находится из отношения годовых эксплуатационных затрат станции C к годовому отпуску электроэнергии $\mathcal{E}_{отп.}$:

$$C_э = C / \mathcal{E}_{отп.}, \text{ руб./кВт·ч}.$$

С целью экономической оценки строительства гибридной мини-ТЭС с солнечным воздухонагревателем был произведен расчет по методике, рассмотренной выше, для Ленинградской области с учетом стоимости энергетического оборудования на отечественном рынке за 2023-2025 года, а также с учетом климатических параметров данного региона [7] (таблица 1).

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что строительство рассмотренной гибридной станции малой мощности на территории Ленинградской области является экономически оправдано.

Таблица 1

Экономическое обоснование строительства гибридной мини-ТЭС с солнечным
воздухонагревателем

Наименование	Значение	Единицы измерения
Общие капитальные затраты	356400	тыс. руб.
Стоимость основного топлива	6768,78	руб.
Расход основного топлива	8535	м ³ /ч
Численность персонала	100	чел.
Годовой расход электроэнергии на собственные нужды	328,5	МВт
Амортизационные отчисления	35640	тыс. руб./год
Прибыль от реализации электрической энергии	89100	тыс. руб./год
Срок окупаемости проекта	5	лет

В заключение стоит отметить, что малая распределенная энергетика в России представляет собой важное направление развития топливно-энергетического комплекса страны и находится на стадии активного развития, демонстрируя значительный потенциал для повышения энергоэффективности, надежности энергоснабжения и децентрализации энергетической системы.

References

1. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 года № 1523-р (ред. от 21.10.2024 года) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года».
2. Afanaseva O.V. Hybridization and the combination of technological solutions in small distributed energy / O.V. Afanaseva, G.R. Mingaleeva, E.V. Shamsutdinov, N.D. Toan, F.D. Nyat and O.V. Derevianko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.V.643.
3. Злобин В.Г., Верхоланцев А.А. Газотурбинные установки. Часть 1. Тепловые схемы. Термодинамические циклы: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2020. – 114 с.
4. Запорощенко, У. А. Оценка экономической целесообразности электроснабжения малого предприятия от собственного энергетического объекта / У. А. Запорощенко, А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2024. – № 5-2. – С. 14-23. – EDN GFIEOQ.

5. Исаков, А. П. Тенденции внедрения инноваций в зелёную энергетику России / А. П. Исаков, М. С. Липатов // Экономические исследования и разработки. – 2023. – № 7. – С. 15-23. – EDN RUZGXR.

6. Кащеев, К. О. Перспективность применения гибридных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии / К. О. Кащеев, А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2024. – № 4-2. – С. 6-13. – EDN NARETQ.

7. Козлов, В. В. Использование солнечных панелей в городской среде / В. В. Козлов, М. С. Липатов // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 67-74. – EDN OLTQNC.

UDC 621.86. 621. 629.3

Karamyan A.D. On the possibility of processing cast iron parts by surface plastic deformation

О возможности обработки чугунных деталей поверхностным
пластическим деформированием

Karamyan Artur Davidovich

student of group DM 230 Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev,
Moscow, Russia
Scientific supervisor

Toygambayev Serik Kokibaevich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery
and Equipment, Timiryazev Russian State Agrarian University,
Moscow, Russia.

Карамян Артур Давидович
студент группы ДМ 230 Российский государственный аграрный университет им. К.А.
Тимирязева, г. Москва, Россия
Научный руководитель
Тойгамбаев Серик Кокибаевич,
д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования Российский
государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

Abstract. Even a brief analysis of the methods of restoring some cast iron parts shows that the use of surface plastic deformation can have a significant economic effect, increasing the durability of the part or joint, reducing the complexity of their repair, increasing labor productivity and reducing the cost of tools and equipment. This article analyzes the methods of surface plastic deformation as a way to increase the durability of machine parts.

Keywords: surface plastic deformation; wear; technological process; cast iron; rolling; resource; part.

Аннотация. Даже краткий анализ методов восстановления некоторых чугунных деталей показывает, что применение метода поверхностного пластического деформирования может иметь значительный экономический эффект, увеличивая долговечность детали или сопряжения, уменьшая трудоемкость их ремонта, увеличивая производительность труда и снижая затраты на инструмент и оборудование. В данной статье приведен анализ методов поверхностного пластического деформирования, как способа увеличения долговечности деталей машин.

Ключевые слова: поверхностное пластическое деформирование; износ; технологический процесс; чугун; раскатка; ресурс; деталь.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент,
заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и
проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Анализ работ, в которых рассмотрены вопросы применения метода поверхностного пластического деформирования для обработки чугунных деталей, показал, что они могут быть условно разбиты на три группы: а) вопросы, связанные с изучением возможности чугуна пластически деформироваться; б) вопросы,

относящиеся к исследованию конструктивных параметров инструментов для обработки чугунных деталей; в) вопросы, связанные с изучением технологических режимов процесса поверхностного пластического деформирования чугунных поверхностей.

Изучение номенклатуры чугунных деталей тракторов, автомобилей и др. сельскохозяйственных машин, при ремонте которых можно применить метод поверхностного пластического деформирования показало, что количество таких деталей составляет более 400 наименований. Наибольший интерес в настоящее время представляет использование метода ППД при ремонте чугунных деталей 7...9 качества точности, требующих одновременно высокий класс чистоты. Обработка детали поверхностным пластическим деформированием основана на принципе местного сжатия. В зависимости от схемы нагружения поверхностного слоя детали пластичность металла данного слоя имеет различную степень, одной из оценок которой может являться величина и знак остаточных напряжений. При обработке деталей методом ППД роликовыми раскатками или обкатками возникают сжимающие напряжения с максимумом на поверхности детали, рис. 1. В соответствии с теорией пластической деформации применительно к металлам, максимум остаточных напряжений сжатия возникает в области наиболее интенсивного пластического деформирования металла, поэтому для создания максимальных сжимающих напряжений на поверхности обрабатываемой детали требуется создать такую схему нагружения деформирующий инструмент-деталь, при которой наиболее интенсивное пластическое деформирование металла происходило на поверхности.

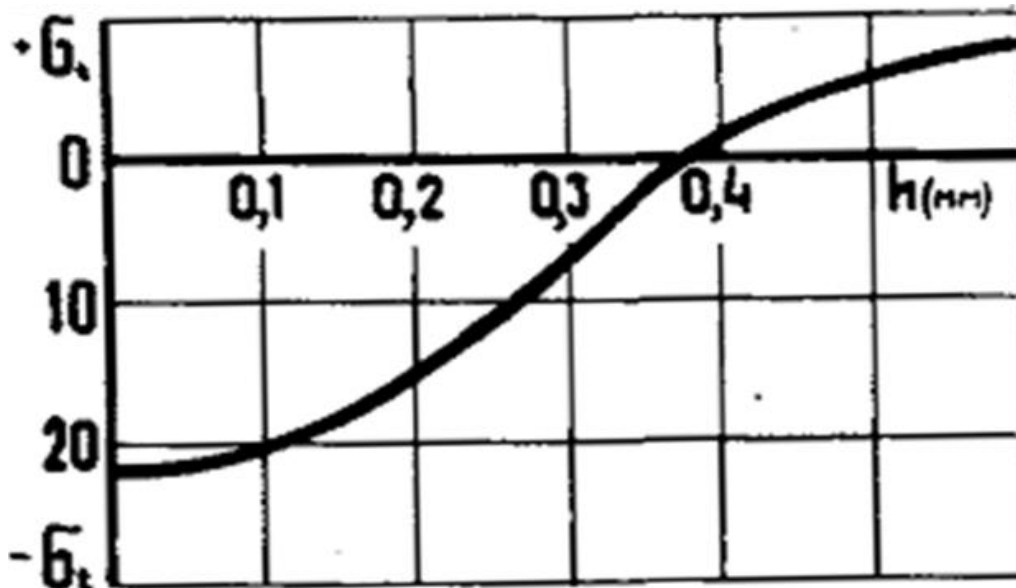


Рис. 1. Эпюры остаточных напряжений при обработке деталей многороликовой раскаткой

Напряженное состояние элементарного объема металла, находящегося в зоне деформации раскатываемого цилиндра, будет характеризоваться наличием 2-х напряжений сжатия и одного напряжения растяжения, что приводит к пластическому деформированию металла на определенную глубину. Колкером Я.Д. проводились исследования о влиянии различного напряженного состояния чугуна на его пластичность с учетом микроструктуры чугуна. Эксперименты проводились на чугуне СЧ21, имевшего три структуры: перлитную, ферритно-перлитную и ферритную. На графике рис. 2 представлено изменение пластичности чугуна при всестороннем неравномерном сжатии. Степень деформации чугуна достигает до 30...40%. Рассмотрение одновременно нескольких структур чугуна позволило автору прийти к выводу, что: а) независимо от микроструктуры чугуна способен пластически деформироваться; б) пластические свойства чугуна не зависят от структуры графитовой фазы, хотя интенсивность его пластической деформации увеличивается при уменьшении размеров графитовых включений. Одной из объективных оценок способности чугуна пластически деформироваться может служить изменение чистоты сглаживаемой поверхности детали. На рис. 3 представлен график зависимости приложенного усилия деформирования и чистоты сглаживаемой поверхности серого чугуна СЧ21, имевшего ферритную, ферритно-перлитную и перлитную структуры, при раскатывании роликами. Как видно из графика, чистота поверхности детали с увеличением прикладываемого усилия деформирования улучшается до соответствующего "критического" значения усилия, превышение которого ведет к ее ухудшению и даже шелушению металла поверхностного слоя.

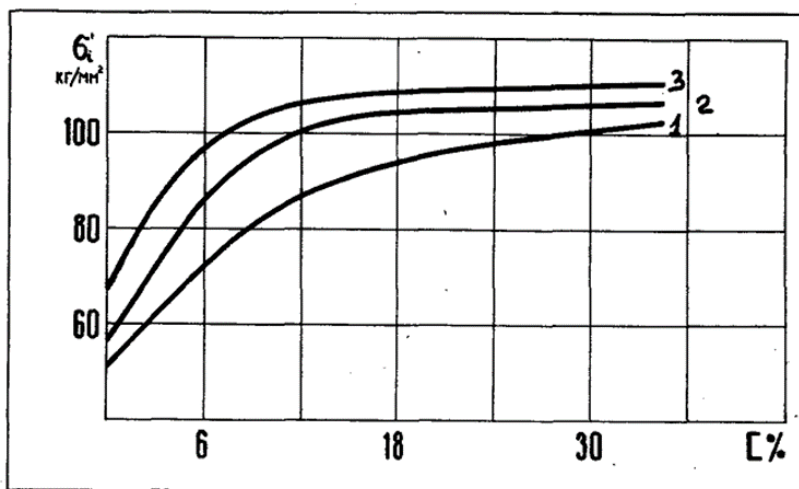


Рис. 2. Степень деформации чугуна различной структуры при ППД
1. перлитная структура, 2. перлитно-ферритная структура,
3. ферритная структура.

На рис. 4 представлена аналогичная зависимость для стали 45 с целью сравнения. Из этих двух графиков, а также анализа ряда других работ можно заключить, что: а) чистота поверхности чугуна при раскатывании улучшается до $Ra\ 0,15...0,2\ \mu\text{m}$, т.е. практически как у стальных деталей;

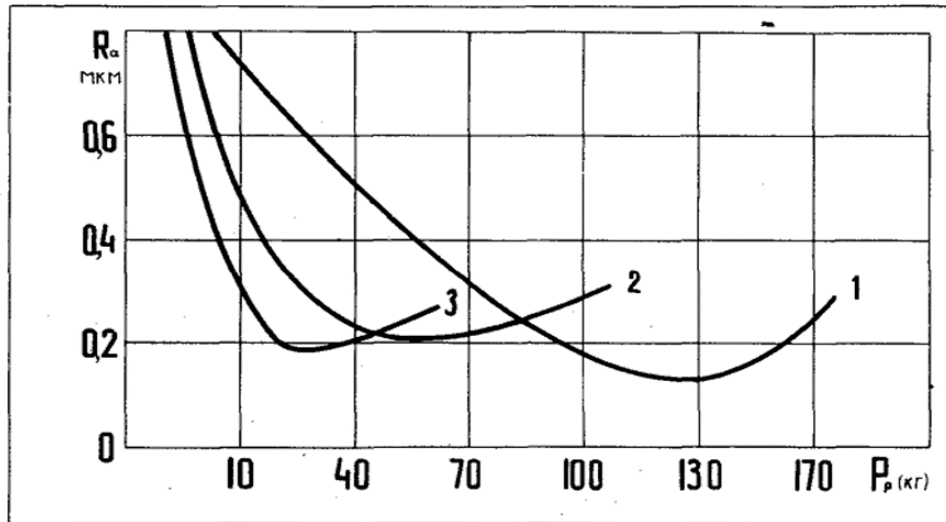


Рис. 3. Зависимость чистоты поверхности от радиального усилия деформирования. 1- перлитная структура 2- перлитно-ферритная структура, 3- ферритная структура

б) усилие деформирования для получения одного и того же класса чистоты при сглаживании чугуна меньше, чем при раскатывании стали; в) соотношение между величиной усилия, вызывающей шелушение металла поверхностного слоя и "критическим" усилием (в точке перегиба кривой чистоты) для чугуна во много раз меньше, чем для стали. Это объясняется "малым запасом пластичности поверхностных слоев у чугуна" и, как результат этого, "большая чувствительность чугуна к перенаклепу". Другой объективной оценкой способности чугуна пластически деформироваться при обработке его раскатыванием может служить изменение прочностных характеристик обрабатываемой поверхности. Одной из таких характеристик является микротвердость поверхностного слоя детали.

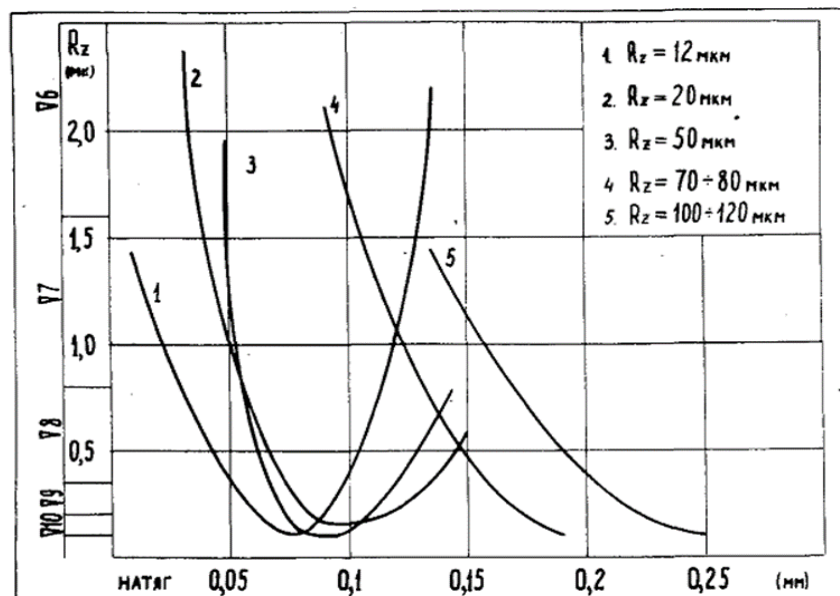


Рис. 4. Зависимость чистоты поверхности от усилия деформирования (натяга) для стали 45

Наиболее полно вопрос об изменении микротвердости чугуновых деталей, раскатанных коническими роликами, изучался в работах А.В. Румянцева, М.М. Сабурова и В.Г. Мартинсона. В первой работе исследования проводились на перлитных серых чугунах СЧ18 и СЧ21, Металлическая основа чугуна СЧ18 состояла из мелкопластинчатого перлита, а СЧ21 - из мелко- пластинчатого перлита и до 10% фосфидной эвтектики. Графитные включения исследуемых чугунов представляли пластинчатую форму средней завихренности, с длиной пластинок 10...150 мкм. Раскатывание осуществлялось роликами диаметром 3...13,5 мм. Одними из выводов автора, в результате проведенных экспериментов стало следующие: а) наибольшее упрочнение наблюдается у чугунов, графитовые включения которых имеют меньшую длину, более обособлены и завихрены; б) микротвердость поверхностного слоя возрастает в среднем на 18...27%; в) толщина упрочненного слоя зависит от диаметра роликов в раскатке. С увеличением диаметра роликов от 3 до 13,5 мм глубина распространения повышенной микротвердости увеличивается с 0,05 до 0,20 мм.

Во второй работе обработке подвергался чугун СЧ21 с повышенным содержанием кремния (2,3%). Раскатывание велось при натягах от 0,05 до 0,15 мм. Микротвердость измерялась по одной структурной составляющей - тонко пластинчатому перлиту. Результаты экспериментов приведены на рис. 5.

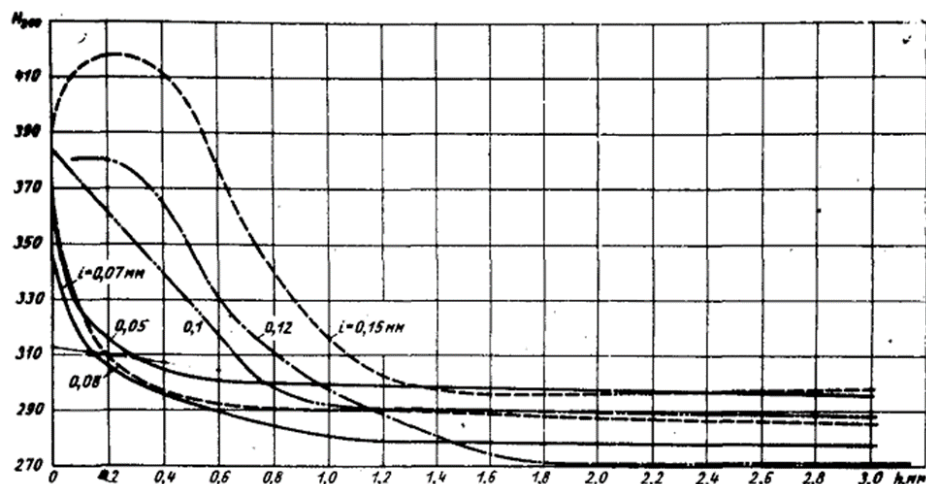


Рис. 5. Изменение микротвердости раскатанного чугуна от натяга.

Из графика видно, что при натягах от 0,05 до 0,08 мм повышенная твердость сохраняется до глубины 0,14...0,15 мм. При этом снижение микротвердости происходит довольно резко. При натягах 0,1...0,12 мм повышенная микротвердость наблюдается глубиной до 0,4...0,6 мм и снижение ее происходит более плавно. При раскатывании с натягом 0,15 мм максимальная твердость имеет место на глубине 0,1...0,4 мм.

Выводы:

1. Металл поверхностного слоя чугунной детали способен пластически деформироваться при воздействии на него внешних сил по соответствующей схеме нагружения.
2. Одной из таких схем нагружения металла является контактно-сдвиговая схема, которая обеспечивает пластическое деформирование металла на поверхности детали.
3. При пластическом деформировании поверхностного слоя чугунной детали "запас пластичности" металла данного слоя очень мал, чем и объясняется большая чувствительность чугуна к перенаклепу.
4. за счет пластической деформации поверхностного слоя детали происходит повышение ее эксплуатационных характеристик.

References

1. Башнин Ю.А. Технология термической обработки. / -М. :Металлургия, 2001. 85с
2. Билик Ш.М. Пары трения металл-пластмасса в машинах и механизмах. М.: Машиностроение, 2003.-311 с.
3. Волков П.Н. Математические методы в экспериментальных исследованиях. М., 2000.

4. Гвоздев А.А. Ремонт и восстановление деталей типа вал-втулка'' металлополимерными композициями. Совершенствование средств механизации и технологических процессов в сельском хозяйстве. Сб. научн. тр. С. -ПГАУ-ИСХИ. С. - П.:2001. с.12-18.

5. Коваленко В.П., Лесной К.Я., Гусев С.С., Леонов И.Н. Использование ПГС – полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве./ Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2003. № 1. С. 10.

6. Михальченков, А.М. Влияние твердости термоупрочненной стали 65Г на износостойкость и ресурс плужных лемехов / А. М. Михальченков, А. А. Новиков // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 8. – С. 45–48.

7. Осенних, Е.А. Анализ способов поверхностной закалки деталей машин сельскохозяйственной техники / Е.А. Осенних, Г.С. Игнатьев // Достижения науки - агропромышленному производству: сб. мат. IIIV межд. научп. конф. (Челябинск, 29-31 янв. 2015 г.) – Челябинская ГАА, 2015. – С. 111–118.

8. Тойгамбаев С.К. Повышение надежности изготовления резьбовых соединений. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 3 (59). С. 45-46.

9. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства. / Учебник / Москва. 2020. 484с.

10. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ–21614. / Техника и технология. 2013. № 3. 15-18с.

11. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Учебно- методическое пособие. Изд. "Мегаполис". Москва. 2020. С. 25.

12. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.

UDC 621.86. 621. 629.3

Kordik D.Y. Investigation of the deposition of copper-lead coatings from hydrogen fluoride electrolyte

Исследование процесса осаждения медно-свинцовых покрытий из
борфтористоводородного электролита

Kordik Dmitry Yurievich

student of group DM 230 Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev,
Moscow, Russia
Scientific supervisor

Toigambaev Serik Kokibaevich,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery
and Equipment, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

Кордик Дмитрий Юрьевич
студент группы ДМ 230 Российский государственный аграрный университет им. К.А.
Тимирязева, г. Москва, Россия
Научный руководитель
Тойгамбаев Серик Кокибаевич,
д.т.н., профессор кафедры технический сервис машин и оборудования Российский
государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Abstract. *The purpose of these studies was to study the effect of deposition conditions and modes on the chemical composition of coatings, electrolyte temperature, deposition rate, current output, and uniformity of coatings. The studies were carried out with changes in the electrolyte composition, modes and conditions of deposition within the limits that were determined during the preliminary studies and ensured the production of high-quality coatings. This article presents some of the research results conducted in relation to the restoration of machine bearings.*

Keywords: *electrolysis; deposition; technological process; temperature; anode; cathode.*

Аннотация. *Целью данных исследований являлось изучение влияния условий и режимов осаждения на химический состав покрытий, температуру электролита, скорость осаждения, выход по току и равномерность покрытий. Исследования проводили при изменении состава электролита, режимов и условий осаждения в пределах, которые были определены в процессе предварительных исследований и обеспечивали получение качественных покрытий. В данной статье приводятся некоторые результаты исследования проведенные применительно к восстановлению подшипников машин.*

Ключевые слова: *электролиз; осаждению; технологический процесс; температура; анод; катод.*

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент,
заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и
проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Определение химического состава покрытий. Данное исследование ставило своей целью выявить влияние состава электролита на процентное содержание свинца в покрытии. Покрытия наносили на цилиндрические образцы, изготовленные из бронзы ОЦС5-5-5. Перед нанесением покрытий поверхность образцов обезжиривали венской

известью. При нанесении покрытий анодами служили графитовые стержни с тампонами из гигроскопической ваты и оболочкой из хлопчатобумажной ткани. Выбор режимов электролиза производили на основе данных предварительного исследования. В качестве исходного режима были приняты: - катодная плотность тока 150 A/дм^2 ; - скорость перемещения катода относительно анода - 10 м/мин. ; - отношение контактной площади к площади покрываемой поверхности $-1/5$; - количество подаваемого электролита 50 мл/мин на 1 ампер силы тока [1,2,3,4,7,8].

Молярное отношение компонентов Cu/Pb в электролите изменялось от $10:1$ до $1:10$. Результаты опытов представлены на рисунке 1. Из рисунка видно, что по мере увеличения в электролите ионов свинца повышается процент содержания свинца в покрытии. Так, если из электролита с молярным отношением компонентов Cu/Pb равным $10:1$ осаждается сплав с содержанием $6,5\%$ свинца, то из электролита с молярным отношением компонентов Cu/Pb равным $1:5$ осаждается сплав с содержанием свинца до $9,5\%$.

При дальнейшем увеличении содержания ионов свинца в электролите наблюдается резкое увеличение содержания свинца в сплаве. Так, при отношении $\text{Cu/Pb} = 1:10$ содержание свинца в сплаве составляет около 25% . Однако, с увеличением содержания свинца в сплаве более $9,5\%$ наблюдается ухудшение качества покрытия.

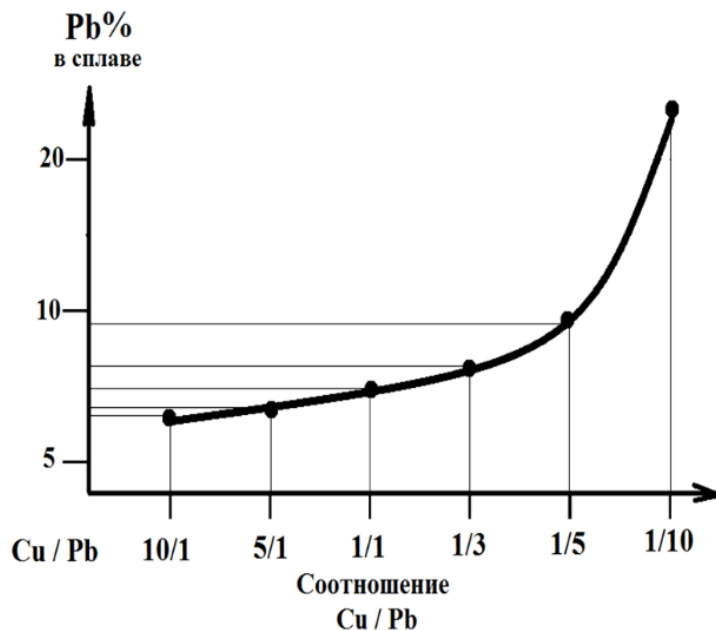


Рис. 1. Влияние молярного отношения компонентов в электролите на содержание свинца в % в сплаве

Практически качественные медно-свинцовые покрытия можно получать при изменении молярного отношения компонентов в электролите Cu/Pb от 10:1 до 1:5. При дальнейших исследованиях был принят электролит с молярным отношением компонентов Cu/Pb равным 1:1. Такой электролит обеспечивал получение медно-свинцового покрытия с содержанием свинца до 8,0% и стабильное ведение процесса на протяжении длительного времени [10,11,12].

Влияние катодной плотности тока. При изучении влияния катодной плотности тока на содержание свинца (в %) в сплаве плотность тока изменяли от 50 до 250 А/дм². Результаты опытов представлены на рисунке 2.

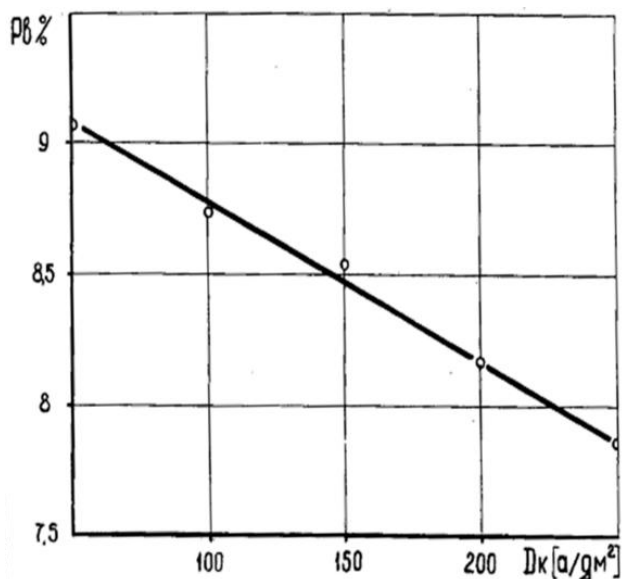


Рис. 2. Влияние плотности тока на содержание свинца в сплаве

Из рисунка видно, что при увеличении плотности тока с 50 до 250 А/дм² содержание свинца в сплаве уменьшается. Объяснение этому пока затруднено из-за недостаточных экспериментальных данных других физико-химических свойств исследуемого электролита. Таким образом, проведенные исследования показали, что контактным электролитическим методом из борфтористоводородного электролита возможно получать медно-свинцовые покрытия с содержанием свинца до 9,5% без ухудшения качества покрытия. При более высоком содержании свинца в сплаве ухудшается качество наносимых покрытий. На содержание свинца в сплаве наибольшее влияние оказывает концентрация компонентов в электролите и катодная плотность тока [5].

Скорость осаждения и выход сплава по току. Данное исследование ставило своей задачей выявить влияние состава электролита и режимов электролиза на скорость

осаждения и выход сплава по току. Исходный электролит, режимы электролиза и этапы исследования были приняты такие же, как и при исследовании химического состава покрытия. Покрытия наносили во всех случаях толщиной равной 100 мкм. Скорость осаждения и выход сплава по току определяли по методике, описанной в главе 3.

Влияние молярного отношения компонентов в электролите на скорость осаждения и выход сплава по току показано на рисунке 3. Из рисунка видно, что скорость осаждения медного покрытия и выход его по току, а также скорость осаждения медно-свинцового сплава и выход его по току, при увеличении содержания свинца в электролите" до молярного отношения компонентов $Cu/Pb = 1:1$, имеют одинаковые значения. При дальнейшем изменении молярного отношения компонентов в электролите, в сторону увеличения содержания ионов свинца в электролите, наблюдается значительное увеличение скорости осаждения и выхода сплава по току [6,9]. Так, если при молярном отношении компонентов в электролите Cu/Pb равном 1:1 скорость осаждения составляет 7,5 мкм/мин, а выход по току 93,8%, то при отношении Cu/Pb , равном 1:10, скорость осаждения составляет 15,5 мкм, а выход по току 97,5%. Увеличение скорости осаждения и выхода сплава по току по мере увеличения концентрации ионов свинца в электролите объясняется увеличением содержания свинца в покрытии. Влияние плотности тока на скорость осаждения и выход сплава по току приведено на рисунке 4. Из рисунка видно, что плотность тока оказывает существенное влияние на скорость осаждения и выход сплава по току. По мере увеличения плотности тока от 25 до 200 А/дм² скорость осаждения покрытий возрастает от 1,5 до 10 мкм/мин. При дальнейшем увеличении плотности тока наблюдается снижение интенсивности увеличения скорости осаждения покрытий.

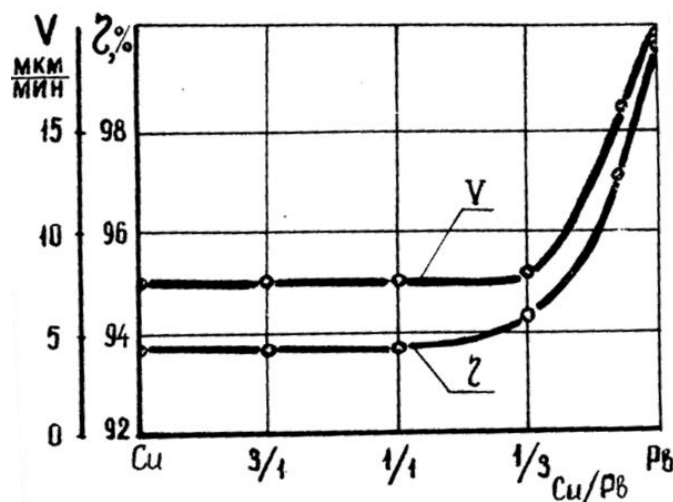


Рис. 3. Влияние молярного отношения компонентов в электролите на скорость осаждения (V) и выход сплава по току ($\eta\%$)

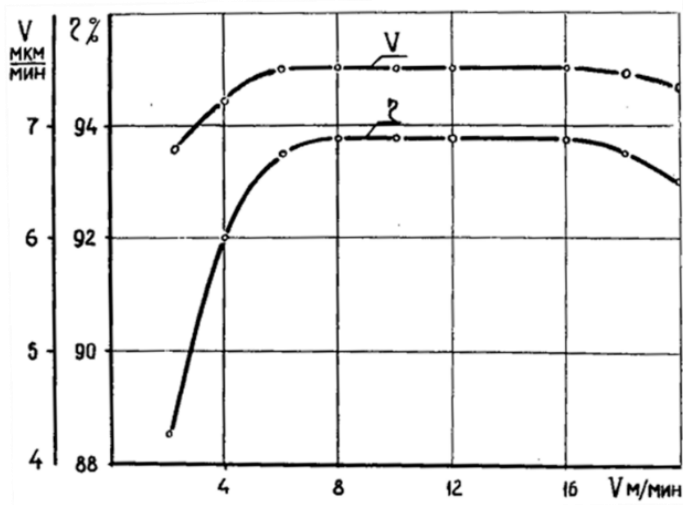


Рис. 4. Влияние плотности тока на скорость осаждения (V) и выход сплава по току ($η\%$).

Выход сплава по току по мере увеличения плотности тока от 25 до 250 A/dm^2 уменьшается с 95,3% до 89,4%. Снижение интенсивности увеличения скорости осаждения и выхода сплава по току, при плотностях тока свыше 200 A/dm^2 , объясняется пригоранием покрытий и его потерями в результате механического воздействия тампона. Влияния скорости перемещения катода относительно анода на скорость осаждения и выход сплава по току приведены на рисунке 5. Из рисунка видно, что уменьшение скорости перемещения катода относительно анода с 6 до 2 м/мин приводит к значительному снижению скорости осаждения и выхода сплава по току.

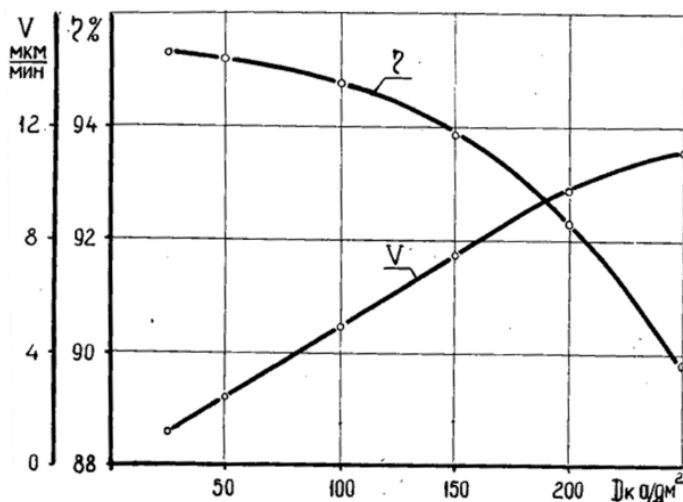


Рис. 5. Влияние скорости перемещения катода на скорость осаждения (V) и выход сплава по току ($η\%$)

При увеличении скорости перемещения катода относительно анода от 6 до 18 м/мин скорость осаждения и выход сплава по току практически не изменяется. При дальнейшем увеличении скорости перемещения катода относительно анода наблюдается снижение скорости осаждения и выхода сплава по току. Снижение скорости осаждения и выхода сплава по току с уменьшением скорости перемещения катода менее 6 м/мин объясняется пригоранием покрытия и его снятием при механическом воздействии тампона. Уменьшение скорости осаждения и выхода сплава по току с увеличением скорости перемещения катода свыше 18 м/мин, пока объяснения нет. Исследование также ставило своей целью выявить влияние плотности тока на температуру электролита в зоне контакта тампона с деталью. При проведении исследований использовали электролит следующего состава: молярное отношение компонентов в электролите Cu/Pb равное 1:1. Электролиз вели при скорости перемещения катода относительно анода, равной 10 м/мин. Отношение контактной площади к площади покрываемой поверхности - 1/5. Количество подаваемого электролита составляла 50 мл/мин на 1 ампер применяемой силы тока. Температуру в зоне контакта тампона с деталью измеряли по общепринятой методике. Результаты опытов представлены на рисунке 6. Из рисунка видно, что температура электролита в анодном тампоне, в зоне контакта тампона с деталью, зависит от применяемой плотности тока, и чем она больше, тем больше температура электролита.

При этом время ведения процесса оказывает влияние только на стабилизацию температуры. Время стабилизации температуры составляет около 4 мин и практически не зависит от применяемой плотности тока.

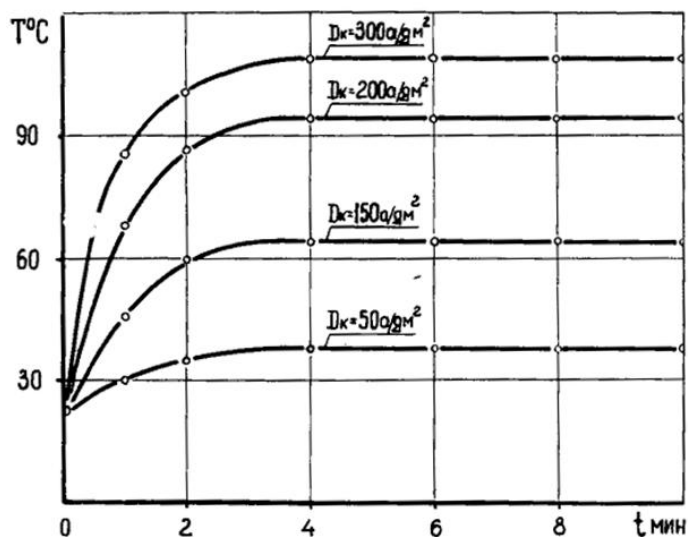


Рис. 6. Влияние плотности тока и времени электролиза на температуру электролита в зоне контакта тампона с деталью.

Проведенные эксперименты позволили установить верхний предел температуры электролита в процессе электролиза при различных плотностях тока:

Дк – 300 А/дм² = 115°C; Дк - 200 А/дм² = 105°C;

Дк - 150 А/дм² = 65°C; Дк - 50 А/дм² = 40°C.

Изучены влияние толщины покрытия, плотности тока, взаимного расположения анода и катода, а также длины образующей образца на равномерность осаждения. Осаждение производили из электролита с молярным отношением компонентов *Cu/Pb*, равным 1:1. Электролиз вели при скорости перемещения катода относительно анода равно 10 м/мин. Количество подаваемого электролита составляло 50 мл/мин на 1 ампер применяемой силы тока. Отношение контактной площади к площади покрываемой поверхности 1/5. Покрытия наносили на цилиндрические образцы диаметром 30 мм и шириной 10, 20, 30 мм, изготовленные из бронзы ОЦС5-5-5. Покрытия наносили толщиной от 10 до 100 мкм. Измерение толщины покрытий производили на вертикальном оптиметре по методике. При проведении исследований было принято параллельное расположение анода относительно оси покрываемого образца. Это обусловлено тем, что нанесение медно-свинцовых покрытий предполагается производить, в основном, на внутренние поверхности втулок, где возможно только параллельное расположение оси анода относительно оси покрываемой втулки.

Применяли параллельное расположение анодов относительно оси покрываемого изделия, это как указывает ряд авторов, обеспечивает наилучшую равномерность покрытий. В процессе исследований было установлено, что существенное влияние на равномерность медно-свинцовых покрытий оказывает плотность тока. На рисунке 7 приведены результаты исследования влияния плотности тока на равномерность покрытий.

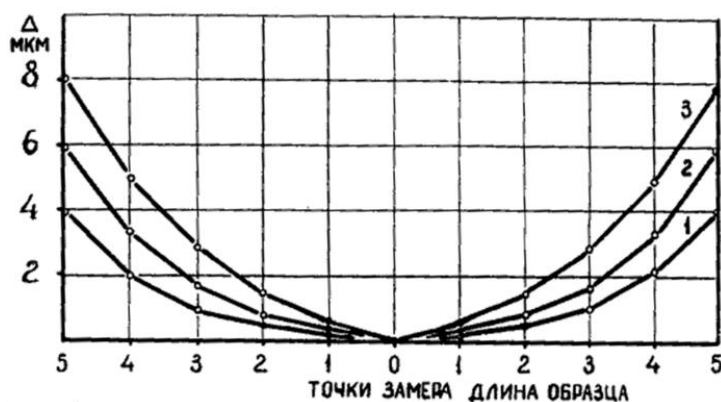


Рис. 7. Влияние плотности тока на равномерность распределения покрытия (толщина покрытия 100 мкм).

1 – Дк – 100 А/дм²; 2 - Дк – 150 А/дм²; 3 - Дк – 200 А/дм².

Из рисунка видно, что с увеличением плотности тока неравномерность покрытий увеличивается. Это проявляется в увеличении толщины покрытия по краям образца. При этом характерным является более интенсивное увеличение толщины покрытия по мере удаления от центра образца. На рисунке 8 приведены результаты исследований влияния толщины покрытия на его равномерность. Из рисунка видно, что с увеличением толщины покрытия происходит увеличение его неравномерности, которая также проявляется в аналогичном по характеру увеличении толщины покрытия по краям образца.

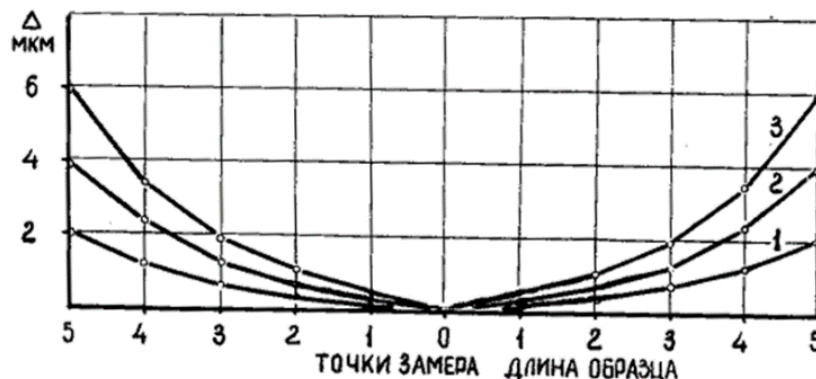


Рис. 8. Равномерность распределения покрытия в зависимости от толщины осадка (плотность 150 А/дм²). 1- 20 мкм, 2- 60 мкм, 3- 100 мкм

Таким образом, при осаждении медно-свинцовых покрытий имеет место некоторое увеличение толщины покрытия по краям образца. Суммарная неравномерность покрытий не превышает 3...6% их толщины.

Выводы:

1. Оптимальный состав электролита и условия осаждения следующие: молярное отношение компонентов в электролите $Cu/Pb = 1:1$; плотность тока 150 А/дм²; скорость перемещения катода относительно анода 10 м/мин. 2. Температура электролита в зоне контакта тампона с деталью колеблется в диапазоне 35...115⁰С и зависит от плотности тока. 3. Неравномерность покрытий составляет 3...6% и зависит от толщины покрытия и плотности тока.

References

1. Агафонов А. О. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой твердосплавных покрытий. /Автореф. дис. канд. тех. наук. Балашиха, 1990. - 22 с.
2. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика - М. Изд. «Наука» 1969. -824с.

3. Бобров Г.В., Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий. М.: Интермет Инжиниринг, 2004. – 624 с., ил.
4. Богоявленский К.Н., Жолобов В.В., Ландилов А.Д., Постников Н.Н. Обработка цветных металлов и сплавов давлением. - М.: Metallurgy, 1973.- 470 с.
5. Коваленко В.П., Лесной К.Я., Гусев С.С., Леонов И.Н. Использование ПГС – полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2003. № 1. С. 10.
6. Полухин П.И. Технология процессов обработки металлов давлением. М.: Metallurgy, 1988. 408 с.
7. Соколов К.О. Восстановление бронзовых подшипниковых втулок центробежным электродуговым напеканием бронзовых порошков. / Дисс. канд. техн. наук. - М., 1989. - 175 с.
8. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
9. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614. / Тех-ника и технология. 2013. № 3. С. 15-188.
10. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства. / Учебник / Москва. 2020. 484с.
11. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинно-тракторного парка предприятия. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.
12. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.

UDC 621.86. 621. 629.3

Semenov Y.D. Methods of restoration of worn bronze sliding bearings

Методы восстановления изношенных бронзовых подшипников скольжений

Semenov Yuri Dmitrievich

student of group DM 230

Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev,
Moscow, Russia

Scientific supervisor

Toygambayev Serik Kokibaevich,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and
Equipment, K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia

Семенов Юрий Дмитриевич

студент группы ДМ 230 Российский государственный аграрный университет
им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Научный руководитель

Тойгамбаев Серик Кокибаевич, д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и
оборудования Российский государственный аграрный университет
им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Abstract. *The greatest technical and economic effect from the use of electroplating antifriction coatings can be expected if coatings with high antifriction, physico-mechanical, adhesive and other properties are used. In this regard, work on the study of the properties of electroplating coatings in relation to the repair of machinery and, especially, a comprehensive study of the properties of coatings obtained using the latest methods and technology are of particular importance. This article is devoted to the restoration of bronze sliding bearings using the method of electrochemical technology.*

Keywords: *sliding bearing; sleeve; galvanic process; physical and mechanical properties; restoration; coatings.*

Аннотация. Набольший технический и экономический эффект от применения гальванических антифрикционных покрытий можно ожидать при условии использования покрытий, обладающих высокими антифрикционными, физико-механическими, адгезионными и другими свойствами. В связи с этим особое значение приобретают работы по изучению свойств гальванических покрытий применительно к ремонту машин и, особенно, всестороннее исследование свойств покрытий, полученных при использовании новейших методов и технологии. В данной статье посвящена теме восстановлению бронзовых подшипников скольжения с применением метода электрохимической технологии.

Ключевые слова: подшипник скольжения; втулка; гальванический процесс; физико-механические свойства; восстановление; покрытия.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент,
заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и
проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Бронзовые подшипники скольжения находят широкое применение в узлах, трения автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, мелиоративных и строительных машин. Незаменимыми они являются в узлах трения, которые воспринимают высокие

удельные нагрузки, а также работают при высоких скоростях скольжения и высоких температурах

В конструктивном отношении неразъемные бронзовые подшипники скольжения имеют большое количество разновидностей. Более часто встречаются цилиндрические втулки со сквозными отверстиями, у которых наружные и внутренние поверхности гладкие (не имеют выступов), а также цилиндрические втулки со сквозными отверстиями, у которых внутренние поверхности гладкие, а наружные многоступенчатые или многоступенчато- фасонные. Диаметры отверстий подшипниковых втулок колеблются от 20 до 200 мм.

Характер и величина износа бронзовых подшипниковых втулок в основном определяется условиями их работы. Обычно предельно допустимый износ втулок не превышает 0,2 мм (на диаметр). Изношенные бронзовые подшипники скольжения можно восстанавливать методом пластической деформации, заливкой их бронзой аналогичного состава, наплавкой и нанесением гальванических сплавов [1,2,3,4,6,7]. Одним из путей повышения качества ремонта подшипников скольжения является применение антифрикционных гальванических покрытий. Прогрессивная роль гальванических покрытий заключается не только в возможности повышения эксплуатационной надежности и долговечности отремонтированных узлов трения, но и экономии дефицитных и дорогостоящих цветных металлов.

Однако, эффективное использование гальванических покрытий для - восстановления деталей узлов трения возможно только при наличии научно и технически обоснованных рекомендаций по их применению. Наибольший технический и экономический эффект от применения гальванических антифрикционных покрытий можно ожидать при условии использования покрытий, обладающих высокими антифрикционными, физико-механическими, адгезионными и другими свойствами. В связи с этим особое значение приобретают работы по изучению свойств гальванических покрытий применительно к ремонту машин и, особенно, всестороннее исследование свойств покрытий, полученных при использовании новейших методов и технологии.

Наиболее простым методом восстановления изношенных бронзовых втулок является метод пластической деформации. Сущность этого метода заключается в восстановлении внутреннего диаметра втулки за счет уменьшения её высоты (осадка) или наружного диаметра (обжатия).

При осадке втулка подвергается торцевому обжатию в специальных приспособлениях. Характерным для этого способа является то, что после осадки изменяются физико-механические свойства бронз и уменьшается опорная поверхность

втулки. По техническим условиям допускается уменьшение высоты втулки не более 8%. К недостаткам способа осадки относится так же и то, что он позволяет восстанавливать только те втулки, которые имеют гладкие (без выступов) внутренние и наружные поверхности. В результате восстановление бронзовых втулок осадкой имеет ограниченное применение в практике ремонтных предприятий [1,5,8,10,11].

Заливка изношенных втулок бронзой аналогичного состава является одним из старых методов их восстановления. Сущность его сводится к заливке слоя бронзы на изношенную поверхность втулки в специальных литейных формах. Для этого требуются специальные формы и нагревательные приборы, что значительно осложняет его применение. К недостаткам этого метода относится также и то, что при нагреве втулок до высокой температуры (700...900°C) на их поверхностях создаются достаточно толстые и прочные окисные пленки, ухудшающие условия соединения наносимого слоя с основанием.

В настоящее время этот метод не находит применения в практике ремонтных предприятий.

Имеются рекомендации по нанесению слоя бронзы методом центробежной заливки с нагревом токами высокой частоты. Однако при центробежной заливке бронз, содержащих легко легирующие компоненты (свинец, олово), возникают большие технологические трудности, которые в значительной степени ограничивают возможность получения сплавов с необходимыми физико-механическими свойствами.

Метод восстановления изношенных бронзовых втулок, основанный на применении сварки, также не нашел применения в практике ремонтных предприятий. Последнее объясняется рядом серьезных затруднений, возникающих при выполнении наплавочных работ (большая склонность бронз к поглощению газов, образование пор и трещин, интенсивное окисление, сильное выгорание цинка, ликвация свинца и олова и др.).

Нанесение гальванических антифрикционных сплавов в ваннах на изношенные поверхности бронзовых втулок представляет собой способ, который позволяет наладить качественное восстановление бронзовых подшипников скольжения. Однако, при осаждении медно-свинцового сплава в ваннах возникает ряд серьезных трудностей, которые связаны со значительной разницей нормальных потенциалов меди и свинца (0,4 в). Из условий электролитического осаждения сплавов известно, что для совместного осаждения металлов необходимо сблизить потенциалы их выделения. Кроме того, процесс осаждения медно-свинцового сплава в ваннах имеет низкую производительность (скорость осаждения покрытия 0,1...0,2 мкм/мин), что является существенным недостатком данного способа, так как при восстановлении подшипников

скольжения необходимо наносить слои толщиной 150...200 мкм.

Таким образом, в настоящее время в практике ремонтных предприятий нет достаточно технологичного и эффективного способа восстановления изношенных бронзовых подшипников скольжения. Из существующих способов наиболее перспективным для дальнейшей разработки, на наш взгляд, является способ нанесения антифрикционных гальванических сплавов и, прежде всего, сплава медь-свинец.

Контактный электролитический метод осаждения металлов позволяет наносить металлы на различные поверхности без использования ванн. Сущность этого метода заключается в том, что нанесение металла на участок поверхности происходит в результате движения по этому участку электрода-тампона, смоченного электролитом.

Электрод служит анодом, покрываемая деталь - катодом, а тампон - местной гальванической ванной. Электролит, по мере расходования в процессе электролиза, восполняется или периодическим погружением тампона в сосуд с электролитом, или подачей его через анод или пипеточным устройством.

Принцип осаждения металлов контактным электролитическим методом не нов и давно используется в гальванотехнике, главным образом для исправления производственного брака при нанесении покрытий в ваннах и получения защитно-декоративных покрытий с незначительной толщиной наносимого слоя.

В ремонтном производстве этот метод долго не находил применения, так как использование обычных электролитов не позволяло получать достаточно удовлетворительные осадки металла с должной экономической эффективностью. Впервые во Франции фирмой "Далик" был применен контактный электролитический метод ("Далик-процесс") для осаждения различных металлов таких как кадмий, хром, кобальт, медь, железо, свинец, олово, цинк, никель и др. Однако, составы электролитов "Далик-процесса" являются секретом фирмы, и их рецептура не публикуется.

Имеющаяся литература по контактному электролитическому методу получения покрытий в основном посвящена описанию положительных сторон данного процесса и возможности его применения в различных областях промышленности. Электролиты, по мнению авторов, могут быть различны. Ряд исследователей [2,3,5,6,9,11,12] утверждают, что при контактном электролитическом методе осаждения металлов возможно использовать обычные электролиты, применяемые для осаждения одноименных металлов в ваннах. Другие авторы рекомендуют применять также обычные электролиты, но с более высокими концентрациями основных компонентов. Некоторые авторы рекомендуют применять специальные электролиты. Авторы М.В. Сушкевич изучал возможность восстановления изношенных деталей нанесением цинковых покрытий.

Н.П. Шелковников разработал специальный серноокислый электролит, который позволяет получать покрытия железом. Толщина покрытий достигает 200 мкм. Микротвердость покрытий колеблется от 3400 до 4300 МН/м². Электролиз ведется при плотности тока 300 А/дм². Скорость осаждения достигает 11 мкм/мин.

Е. С. Кержиманов разработал специальный электролит на основе муравьиной кислоты, который позволяет получать покрытия хрома с мелкозернистой и плотной структурой. Толщина покрытий составляет 80...100 мкм. Микротвердость покрытий колеблется от 5000 до 7000 МН/м². Электролиз ведется при плотности тока от 150 до 250 А/дм².

М. Д. Пантух разработал специальный серноокислый электролит, который позволяет получать покрытия медью. Микротвердость покрытий составляет 1500...1600 МН/м. Скорость осаждения колеблется от 7 до 2 мкм/мин. Выход по току 85-86%. Рабочая плотность тока находится в пределах 200...250 А/дм². Покрытия обладают хорошей сцепляемостью с бронзой и латунью.

М. А. Пилле изучал возможность осаждения указанным способом сплава никель-хром из муравьинокислого никелевого электролита добавками уксуснокислого хрома. В результате поисковых опытов он установил возможность получения сплава никель-хром при рабочей плотности тока 100...150 А/дм². Содержание в сплаве хрома достигает 12%.

Но никто из них не приводят составов электролитов и режимов электролиза. Полностью отсутствуют данные о возможности осаждения медно-свинцовых сплавов. Все авторы работ по этому методу нанесения покрытий отмечают, что контактный электролитический метод осаждения металлов технологически прост, не требует применения сложного оборудования и обладает возможностью наносить качественные и равномерные по толщине осадки различных металлов на детали любой конфигурации. Одновременно они отмечают, что условия осаждения металлов этим методом существенно отличаются от условий осаждения металлов в ваннах. В частности, при осаждении меди скорость осаждения металла достигает 60 мкм/мин и свинца - 40,6 мкм/мин, в то время как при ванном способе скорость их осаждения соответственно не превышает 5 мкм/мин и 3 мкм/мин. Таким образом, рассмотрение работ по осаждению металлов контактным электролитическим методом показывает, что он технологически прост, не требует сложного и дорогостоящего оборудования, позволяет наносить покрытия на отдельные рабочие поверхности деталей, независимо от их размеров и форм и имеет высокую производительность. Одновременно рассмотрение условий осаждения металлов контактным электролитическим методом показало, что для него присущи ряд специфических особенностей, которые выгодно отличают его от ванного

способа осаждения металлов. К таким особенностям прежде всего относятся постоянное обновление электролита в прикатодной зоне, механическое воздействие анодного тампона на катодную поверхность и возможность применения высоких плотностей тока. Указанные особенности создают принципиально иные условия электро-осаждения металлов, при которых возможно ожидать значительное облегчение совместного осаждения нескольких металлов.

Наряду с этим рассмотрение контактного электролитического метода осаждения металлов показало, что условия осаждения металлов при данном методе изучены недостаточно. Данные по катодному процессу противоречивы и не могут служить основанием для прогнозирования условий осаждения сплавов с заданными свойствами. Работы, связанные с изучением возможности осаждения сплавов, основном носят поисковый характер и не раскрывают сущности процессов, протекающих при совместном осаждении металлов. Полностью отсутствуют данные о возможности осаждения антифрикционных сплавов системы медь-свинец. В связи с этим, изучение возможности восстановления бронзовых подшипников скольжения нанесением медно-свинцового сплава контактным электролитическим методом в ремонтном производстве остается актуальной задачей.

Борфтористоводородный электролит. Осаждение медно-свинцовых покрытий из борфтористоводородного электролита проводили при плотностях тока в пределах от 5 до 300 А/дм². Скорость перемещения катода относительно анода изменяли от 5 до 20 м/мин. Отношение контактной площади анодного тампона к площади покрываемой поверхности составляло 1:5. Осаждение медно-свинцовых покрытий из борфтористоводородного электролита проводили при молярном отношении компонентов в электролите *Cu/Pb* от 10:1 до 1:1. На рисунках 1 и 2 показаны зоны качественных медно-свинцовых покрытий (золотистого цвета, гладкие с матовой или блестящей поверхностью), в зависимости от отношения компонентов *Cu/Pb*, а также плотности тока и скорости перемещения катода относительно анода. Полученные данные показывают, что борфтористоводородный электролит позволяет получать качественные покрытия в широком диапазоне изменения молярного отношения *Cu/Pb* электролите, а также плотности тока и скорости перемещения катода относительно анода. Практически качественные медно-свинцовые покрытия возможно получать при изменении молярного отношения компонентов в электролите *Cu/Pb* в пределах от 10:1 до 1:2, плотности тока от 50 до 200 А/дм² и скорости перемещения катода относительно анода более 5 м/мин.

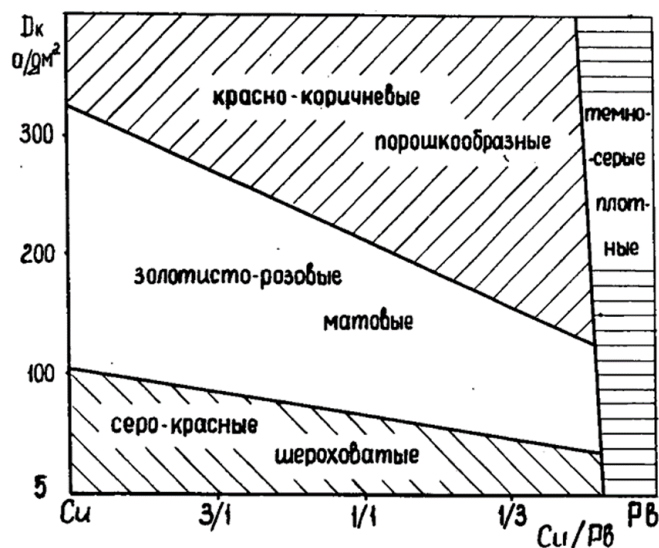


Рис.1. Влияние отношения компонентов (Cu/Pb) в электролите и плотности тока на внешний вид покрытий

Полученные покрытия обладают хорошей сцепляемостью с бронзой. Сам процесс осаждения медно-свинцовых покрытий характеризуется высокой стабильностью, а электролит - хорошей работоспособностью. По мере повышения плотности тока скорость осаждения покрытий повышается и при плотности тока 200 А/дм² достигает 10 мкм/мин. При этом возможно получать покрытия толщиной до 300 мкм. К положительным качествам борфтористоводородного электролита также следует отнести простоту его приготовления и малую токсичность.

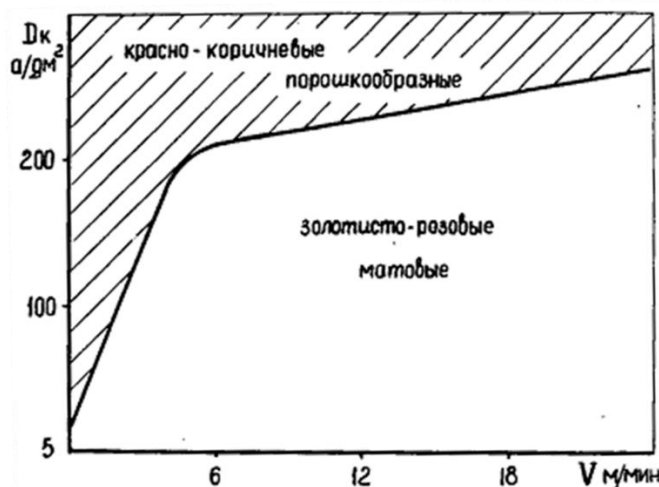


Рис. 2. Влияние скорости перемещения катода относительно анода и плотности тока на внешний вид покрытий

Таким образом, предварительное исследование возможности осаждения сплава медь-свинец контактным электролитическим методом показало, что борфтористоводородный электролит обладает рядом положительных качеств по сравнению с азотнокислым и пиррофосфатным электролитами. Он прост в приготовлении, обеспечивает получение покрытий толщиной до 0,3 мм при высокой скорости осаждения, обладает хорошей работоспособностью, обеспечивает высокую стабильность процесса и оказывает незначительное влияние на материал анода и анодного тампона. Поэтому для дальнейших исследований был выбран борфтористоводородный электролит.

Выводы:

1. Установлено, что из борфтористоводородного электролита можно получать медно-свинцовые покрытия контактным электролитическим методом, которые могут быть использованы для восстановления бронзовых подшипников скольжения.

2. Качественные медно-свинцовые покрытия из борфтористоводородного электролита можно получать при изменении молярного отношения компонентов в электролите Cu/Pb от 10:1 до 1:2. Электролиз можно вести при плотностях тока до 200 А/дм². Скорость перемещения катода относительно анода должна быть не менее 5 м/мин.

References

1. Агафонов А. О. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой твердосплавных покрытий. /Автореф. дис. канд. тех. наук. Балашиха, 1990. - 22 с.
2. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика - М. Изд. «Наука» 1969. -824с.
3. Бобров Г.В., Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий. М.: Интер-мет Инжиниринг, 2004. – 624 с., ил.
4. Богоявленский К.Н., Жолобов В.В., Ландилов А.Д., Постников Н.Н. Обработка цветных металлов и сплавов давлением. - М.: Металлургия, 1973.- 470 с.
5. Коваленко В.П., Лесной К.Я., Гусев С.С., Леонов И.Н. Использование ПГС – полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2003. № 1. С. 10.
6. Полухин П.И. Технология процессов обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1988. 408 с.

7. Соколов К.О. Восстановление бронзовых подшипниковых втулок центробежным электродуговым напеканием бронзовых порошков. / Дисс. канд. техн. наук. - М., 1989. - 175 с.
8. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
9. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614. / Тех-ника и технология. 2013. № 3. С. 15-188.
10. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства. / Учебник / Москва. 2020. 484с.
11. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинно-тракторного парка предприятия. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.
12. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.е указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.

UDC 621.86. 621. 629.3

Toigambaev S.K. The possibility of using discarded springs as a chisel for plowshares

Возможности использования выбракованных рессор в качестве долота
для плужных лемехов

Toigambaev S.K.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

Тойгамбаев С.К.

д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Abstract. The working condition of domestic all-metal plow lines when plowing on sandy loam and loamy soils is regulated by the formation of xiphoid wear of the chisel-shaped area and blunting of the deepening part. Such phenomena occur with a low operating time to zero (3-7ha), which is primarily due to the high wear capacity of the soil and the low wear resistance properties of the materials of such parts. The huge number of ploughshares with similar defects (hundreds of thousands of pieces), but which retained the permissible frame width and, therefore, were suitable for restoration, raised the question of increasing their durability. This article provides calculations on the possibility of using discarded springs for further use in restoring the durability and working capacity of plowshares.

Keywords: thermal hardening; wear; technological process; microhardness; hardness; resource; spring.

Аннотация. Работоспособное состояние отечественных цельнометаллических плужных лемехов при пахоте на супесчаных и суглинистых почвах регламентируется образованием лучевидного износа долотообразной области и затуплением заглубляющей части. Такие явления происходят при незначительной наработке до отказа (3-7га), что связано, прежде всего, с высокой изнашивающей способностью почвы и невысокими свойствами по износостойкости материалов таких деталей. Огромное количество лемехов с подобными дефектами (сотни тысяч штук), но сохранивших допустимую ширину остова и, следовательно, пригодных для восстановления, поставило вопрос об увеличении их долговечности. В данной статье приведены расчеты по возможности использования выбракованных рессор для дальнейшего использования при восстановлении долговечности и работоспособности плужных лемехов.

Ключевые слова: термоупрочнение; износ; технологический процесс; микротвердость; твердость; ресурс; рессора.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Исследование свойств сварного соединения «термоупрочненная сталь 65Г – сталь Л53 без технологических воздействий». Одной из основных операций метода термоупрочненных компенсирующих элементов является приваривание их к остову лемеха. Механические свойства сварного соединения во многом будут определять его служебные свойства.

Особенностью представляемых ниже исследований является наличие в составе

сварного соединения детали из высокоуглеродистой стали, подвергнутой повторному термоупрочнению. Поэтому исследовалось состояние сварных соединений, в которых присутствует в качестве материала компенсирующего элемента сталь 65Г, закаленная с различных температур. Как уже отмечалось выше, в качестве критерия, характеризующего их свойства, принята микротвердость (H_V) [2,3,4,7,8,10,13].

Оценочными параметрами служили: 1 – H_V металла шва; 2 – максимальное значение H_V зоны сплавления; 3 – H_V переходной зоны; 4 – H_V основного металла. Наряду с оценкой механических свойств отдельных областей сварного соединения, проводился анализ размеров его типичных зон: зоны термического влияния, зоны сплавления и переходной зоны [6,7,9].

Методология проведения анализа состоит из следующих этапов: первый - особенности распределения H_V системы «шов - сталь Л53»; второй - особенности распределения H_V системы «шов - термоупрочненная с различных температур сталь 65Г»; третий - сравнительное аналитическое рассмотрение распределений H_V «сталь Л53 - шов - термоупрочненная сталь 65Г» [1,3,7,8,12,13].

Испытания на изнашивания повторно термоупрочненной стали в среде с незакрепленным абразивом показали, что характер изменения износа во времени испытаний (τ^1), как следует из графиков, представленных на рисунке 1, одинаков для образцов с различной твердостью. Кривые $I = f(\tau^1)$, в отличие от известных, не подчиняются прямолинейной зависимости, хотя и близки к ней. Увеличенный прирост износа в начальный период испытаний (примерно до $\tau_1 = 75$ мин.) объясняется сравнительно большим влиянием фактора самоорганизации системы «поверхность трения – абразивная среда» при стабилизации процесса изнашивания. Предварительная механическая обработка образцов не может до конца устранить недостатки, присущие поверхности, и её полная адаптация к истирающей среде происходит непосредственно в период проведения испытаний. После завершения приработки процесс изнашивания стабилизируется и дальнейший прирост износа остается неизменным [2,7,8,9,11,12]. Из изложенного выше следует, что влияние упрочняющей термообработки на протекание изнашивания несколько отлично от других методов повышения абразивной износостойкости, что выражается в нарушении прямолинейной зависимости между износом I и временем испытаний τ^1 .

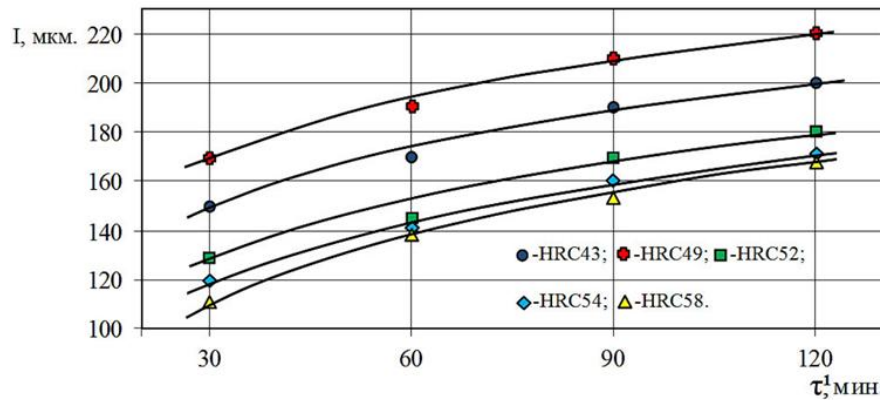


Рис. 1. Характер протекания износа во времени испытаний $I = f(\tau^1)$

Абразивная износостойкость как относительная триботехническая характеристика (рисунок 2) также имеет одинаковый характер изменения во времени испытаний для всех исследуемых образцов. Стабилизация C происходит примерно после 100 мин. испытаний, что указывает на завершение процесса самоорганизации изнашиваемой поверхности и абразивной компоненты. Поведение $C = f(\tau^1)$ объясняется теми же факторами, что и зависимость $I = f(\tau^1)$.

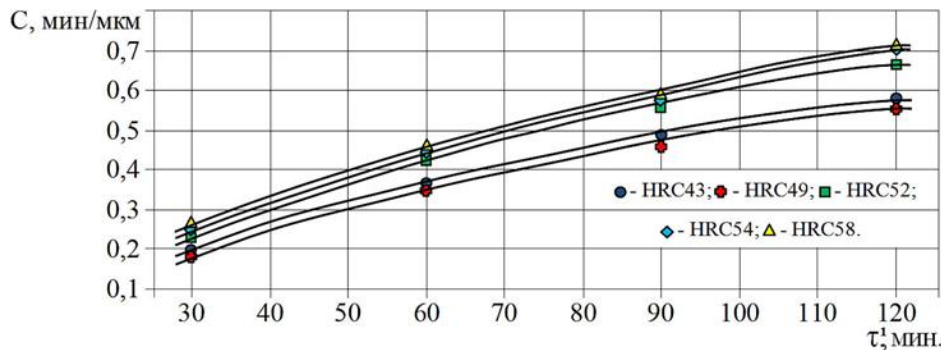


Рис. 2. Изменение абразивной износостойкости от времени испытаний $C = f(\tau^1)$

При анализе изменения значений C установлено, что их разность (ΔC) в начальный период приработки ($\tau^1 = 30$ мин.) и в период установившегося режима ($\tau^1 = 120$ мин.) достигает значительной величины. Так, для образца с 43HRC разность между C при $\tau^1 = 30$ мин. и C при $\tau^1 = 120$ мин. составляет примерно 0,28 мин/мкм. В свою очередь, ΔC для образца с твердостью 58HRC равна 0,4 мин/мкм. Это указывает на то, что с увеличением твердости испытываемого материала влияние фактора самоорганизации на изменение интенсивности изнашивания снижается. Проще говоря, рост твердости приводит к нивелированию влияния качества поверхности детали при ее приработке. В соответствии с поставленными задачами определялось влияние твердости на износ и

износостойкость повторно термообработанной от различных температур стали 65Г.

Для сравнения исследовался образец, не подвергавшийся повторной термообработке. (Образцы ранее термически упрочнялись – подвергались закалке в масле и отпуску в интервале $t = 840 - 870\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $t = 400 - 480\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно).

Повторная термообработка проводилась без отжига т. к. ранее проведенными экспериментами показано отрицательное влияние отжига на прирост твердости при последующей закалке. Параметры термообработки и соответствующая им твердость даны в таблице 1 [4,6,7,8,10,13].

Как следует из рисунков 1 и 2, увеличение твердости примерно до 49HRC обеспечивает отрицательный эффект, выражающийся в росте износа и снижении износостойкости. Следует полагать, что снижение S в данном случае связано с нарушением структурной однородности, сформированной предыдущей термообработкой. Неоднородность проявляется в интенсификации разрушения поверхностного слоя как вследствие царапания, так и вследствие высокого уровня контактных напряжений от силового воздействия абразивных частиц.

Таблица 1

Термообработка и твердость листов.

Марка стали	Термообработка (режим)			Твердость HRC
	Температура нагрева при закалке и нормализации в $^{\circ}\text{C}$	Охлаждающая среда	Температура отпуска в $^{\circ}\text{C}$	
50ХГА	840 - 870	Масло	450 - 480	41 - 43
50ХГ	840 - 870	Масло	450 - 480	41 - 43
60С2	840 - 870	Вода, масло	400 - 510	43 - 50
60С2ХГ	850 - 880	Масло	550	39 - 43
60С2А	840 - 870	Вода, масло	400 - 425	40 - 49

Дальнейший рост HRC приводит к резкому снижению I (рисунок 3) и повышению сопротивляемости абразивному изнашиванию (рисунок 4) (в диапазоне 50-54HRC) с последующим выравниванием этих показателей. В некоторых экспериментах было замечено даже незначительное снижение износостойкости. Явление с выравниванием S с повышением твердости связано с особенностями строения (микроструктуры). Увеличение размеров структурных составляющих приводит к росту хрупкости материала. В свою очередь, при царапании таких хрупких субстанций происходит разрушение поверхностных слоев в большем объеме, а увеличение твердости не может компенсировать происходящих процессов разрушения, и в сумме это приводит к стабилизации S . Аналогичная ситуация будет иметь место если преобладающим процессом в механике абразивного изнашивания будет иметь место контактное взаимодействие частиц с поверхностью трения. Тем самым лабораторными

исследованиями установлено, что изменение (характера) износа и износостойкости от твердости имеет достаточно сложный характер и не укладывается в известные положения. Отмечается также, что кривая $C = f(HRC)$ является зеркальным отображением зависимости $I = f(HRC)$. Исходя из полученных результатов, следует, что увеличение твердости более 53 - 54HRC с точки зрения повышения абразивной износостойкости нецелесообразно, т.к. интенсивность изнашивания не претерпевает изменений [2,5,7,10,12]. Таким образом, оптимальной является повторная закалка в воде стали 65Г от температур 820 - 840°C, обеспечивающая твердость 53 - 54HRC.

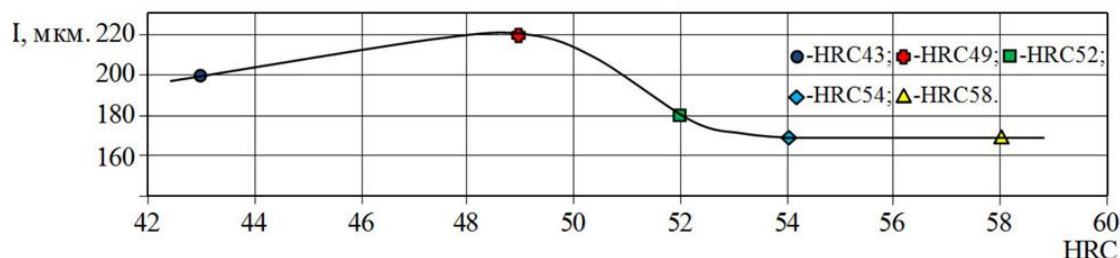


Рис. 3. Зависимость износа от твердости образца, время испытаний $\tau^1=120$ мин

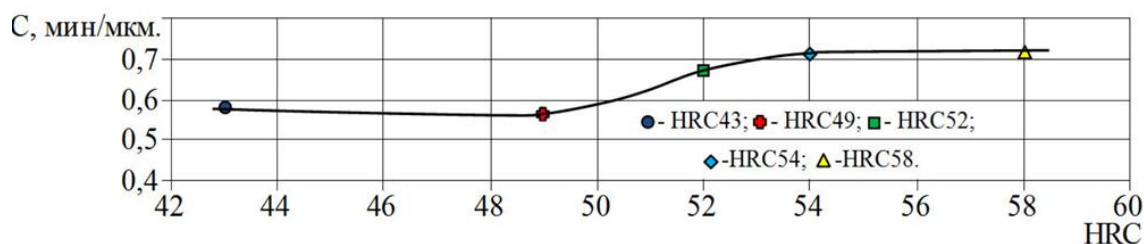


Рис. 4. Влияние твердости образца на износостойкость,
 время испытаний $\tau^1=120$ мин

Учитывая массив полученных данных (исследовались соединения, у которых образцы из рессорно-пружинной стали термообработывались с пяти различных температур), подробному анализу будет подвергаться сварное соединение, где сталь 65Г повторно закаливалась с температуры 840°C. Выбор такого экспериментального образца связан с тем, что режим ТО является оптимальным с точки зрения износостойкости (это подтверждено экспериментально и изложено выше).

В соответствии с планом методологии проведения анализа полученных результатов рассмотрим распределение H_V «шов - основной металл». После компьютерной обработки результатов экспериментальных данных получены эпюры распределения H_V по вектору «шов - основной металл» для каждого материала отдельно и «сталь Л53 - шов - термоупрочненная сталь 65Г» (рисунок 5).

Для оценки экспериментальных данных будут использованы эпюры

распределений, отображенные на рисунке 5 а и б. Анализ полученных результатов будет проводиться: первое - отдельно для каждого распределения; второе - методом сравнения. Твердость металла шва в областях сталей Л53 и 65Г фактически одинакова. Это говорит о том, что количество углерода в стали и отсутствие или присутствие предварительной термообработки не оказывает заметного влияния на свойства металла шва (таблица. 2).

Таблица 2

Распределение H_V по участкам сварочного шва

Марка стали	Металл шва, H_V Ш.	Зона сплавления, H_V з.с.	Переходная зона, H_V п.з.	Основной металл, H_V О.м.
Л53	285	390	225	240
65Г	290	850	340	440

В свою очередь, максимальные значения H_V в зоне сплавления резко возрастают, что отвечает классическим представлениям (рисунок 5 а, б). При этом твердость в области стали Л53 составляет 390 H_V (рисунок 5 а), а в зоне стали 65Г - 850 H_V , т. е. в 2,2 раза меньше.

Столь высокое значение H_V для зоны стали 65Г можно объяснить рядом факторов. Первый – наличие большого количества углерода в сравнении со сталью Л53. Второе – присутствие закалочных структур в виде нижнего бейнита и мартенсита. Третье – наличие марганца обеспечивает снижение критических точек A_3 , A_1 и способствует увеличению твердости.

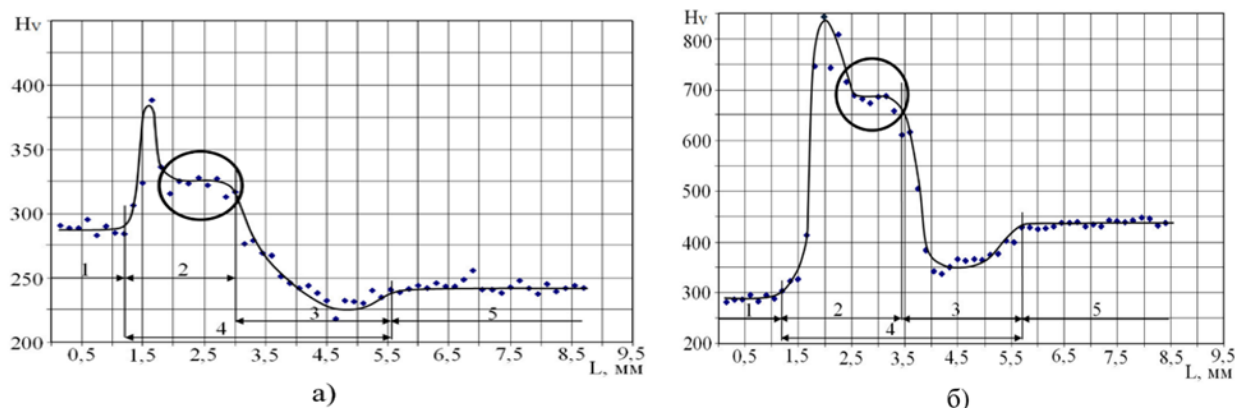


Рис. 5. Распределение H_V по участкам сварочного шва систем:

а) «шов - сталь Л53» б) «шов - сталь 65Г», термоупрочненной от $t = 840^\circ\text{C}$. (где 1- шов (ш.), 2- зона сплавления (з.с.), 3- переходная зона (п.з.), 4- зона тер-мического влияния (з.т.в.), 5- основной металл (о.м.). - вектора измерений 2 и 3

Такая твердость соответствует мартенситному состоянию (H_V850 примерно равно 62HRC), что в определенной мере повышает вероятность образования шовных трещин и снижает способность сопротивляться ударным нагрузкам. Микротвердость же зоны сплавления в области стали Л53 составляет (в пересчете с H_V) 40HRC и не представляет опасности с точки зрения появления трещин. В то же время наличие всплесков микротвердости указывает на увеличение напряжений на структурном уровне (напряжения второго рода).

Отличительной особенностью распределения H_V для областей обеих сталей является присутствие площадки, характеризующейся стабильным значением (рисунок. 5 а, б; выделена окружностью). Образование в зоне сплавления области с относительно постоянной микротвердостью связана с процессом кристаллизации, в чем-то схожим с затвердеванием слитка спокойной стали в изложнице. В первый период происходит образование кристаллов на поверхности шва и в районе основного металла из-за высокого и неравномерного отвода тепла. Кристаллизация рассматриваемого участка идет при сравнительно равномерной температуре, что приводит к появлению равноосных структур. Хотя для обеих областей твердость соответствует закалочным структурам вследствие наличия термоупрочнения, для зоны закаленной стали она выше в 2 раза, чем для области стали Л53 (рисунок. 5 а, б), т. е. закалка оказывает существенное влияние на свойства сварного соединения.

Переходные зоны характеризуются падением твердости ниже уровня H_V основного металла, что связано с возникновением растягивающих напряжений в момент формирования сварного соединения и, как следствие, нарушением плотности структуры. H_V основного металла для стали Л53 соответствует твердости опытных образцов в исходном их состоянии - H_V240 . Для стали же 65Г (таблица 2) микротвердость снижается до H_V440 при твердости исходного образца H_V650 . Это указывает на прохождение отпуска, снижающего степень образования трещин. Таким образом, распределение H_V в поперечном направлении опытного образца имеет сложный характер. Отмечается одинаковая картина эпюр H_V для обоих изучаемых материалов при существовании различий в значениях микротвердости. Для сравнительной оценки напряженного состояния рассматриваемого сварного соединения были введены параметры ΔH_1 , ΔH_2 , ΔH_3 , ΔH_4 (таблица 3), представляющие собой отношение значений микротвердостей между характерными участками. Величина ΔH_1 равна отношению максимальной H_{Vmax} з.с. зоны сплавления к H_V ш. металлу шва; ΔH_2 - характеризуется отношением H_{Vmax} з.с. к H_V о.м. основного металла; ΔH_3 равно отношению H_{Vmax} з.с. к минимальному значению H_{Vmin} п.з. переходной зоны; ΔH_4 – представляет собой отношение микротвердости основного металла ($H_{Vo.м.}$)

к минимальной микротвердости переходной зоны ($H_V \text{ min п.з.}$).

Таблица 3

Относительная характеристика твердости.

Марка стали	Отношение участков H_V			
	$\Delta H_1 = \frac{H_{Vmax3.C}}{H_{Vmax.III}}$	$\Delta H_2 = \frac{H_{Vmax3.C}}{H_{V O.M.}}$	$\Delta H_3 = \frac{H_{Vmax3.C}}{H_{Vmin п.з.}}$	$\Delta H_4 = \frac{H_{V O.M.}}{H_{Vmin п.з.}}$
Л53	1,37	1,63	1,73	1,07
65Г	2,93	1,93	2,43	1,25

Нужно сказать, что ΔH_1 , ΔH_2 , ΔH_3 , ΔH_4 могут служить косвенными, показателями величины остаточных напряжений металлических систем, образующихся на структурном уровне. Нередко форма распределения H_V в ЗТВ совпадает с формой распределения остаточных напряжений. Как следует из таблицы 3, любое ΔH для области стали 65Г превышает аналогичные значения зоны стали Л53, что говорит о повышенных напряжениях в сварном соединении. ΔH_2 и ΔH_4 отличаются между собой на незначительную величину в отношении обеих сталей, однако учитывая высокие значения зон H_V для области стали 65Г, следует полагать, что и напряжения в этом случае будут повышенными. Из численных значений, представленных в таблице 3, наибольшие ΔH характерны для области стали 65Г- $\Delta H_3 = 2,43$. В свою очередь это указывает на относительно высокую вероятность образования трещин. В соответствии с задачами исследований проводилось изучение распределения H_V всех сварных соединений, стали Л53 со сталью 65Г, термообработанную с различных температур, в статье приведены результаты испытания только по стали 65Г. Высокие скачки микротвердости в зонах сплавления (рисунок 5а и б) для сварочного шва всех пластин указывает на наличие твердых структур (мартенситной), а следовательно и значительных внутренних напряжениях на данных участках.

Третий этап исследований сварного соединения предусматривает анализ распределения H_V с охватом всех его областей одновременно, и поэтому графическая интерпретация носит весьма сложный характер. Проводить подобный анализ заданной эпюры нет необходимости, т. к. ранее по тексту явления, происходящие в соединении, рассмотрены достаточно подробно. Однако есть некоторые замечания.

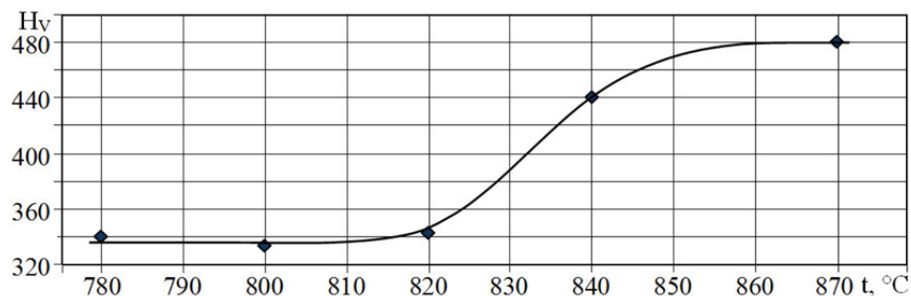


Рис. 6. Изменение значений H_v основного металла системы «шов - сталь 65Г» в зависимости от t ° термоупрочнения стали 65Г.

Первое – наиболее опасным сечением, с точки зрения образования трещины, является переходная зона от шва к основному металлу – термоупрочненной стали 65Г, т. к. в данном месте твердость имеет максимальный показатель, значительно превышающий все остальные HRC характерных участков.

Второе – отмечается рост твердости основного металла на достаточном удалении от шва, что связано с наличием закалочных процессов.

Наряду с рассмотренной эпюрой для сварного соединения стали Л53 со сталью 65Г, закаленной с температуры 840 °С, получены эпюры и для соединений. Оценка свойств сварных соединений из стали Л53 и термоупрочненной с различных температур стали 65Г позволила выявить следующее: - эпюры распределения H_v в сечениях, перпендикулярных поверхности и параллельном ей, носят сложный характер, обусловленный разнородностью свойств сталей; - выявлено наличие в переходных зонах участков с постоянной твердостью; при переходе от зоны термического влияния к основному металлу имеют места «провалы» микротвердости; - опасным сечением является участок переходной зоны в области расположения стали 65Г;

- в вертикальных сечениях наблюдается снижение микротвердости основного металла, оказывающее положительное влияние на стойкость к разрушению.

Установлено: - зависимость износостойкости при возрастании твердости имеет сложный характер, и повышение HRC более 53-54 единиц не приводит к увеличению C , а рост стойкости к абразивному изнашиванию происходит также до 53-54HRC с последующей стабилизацией; - максимальная износостойкость присуща образцам с твердостью 53-54HRC, подвергнутых закалке в воде с температур 820 - 840°C; - полевые испытания плужных лемехов подтверждают результаты лабораторных исследований, где показано, что повышение твердости более 53-54HRC не приводит к приросту износостойкости и даже снижает её.

Выводы:

1. Показана возможность применения выбракованных листов рессор в качестве материала долот при восстановлении лемехов. Твердость снятых с эксплуатации листов остается на уровне значений, оговоренных техническими условиями, что в два раза превышает аналогичный параметр стали лемеха Л53. Использование этого вторичного материала для восстановления лемехов значительно упрощает технологический процесс реновации и повышает его эффективность.

2. Исходя из полученных результатов, следует, что увеличение твердости более 53 - 54HRC при повторном термоупрочнении не приводит к повышению абразивной износостойкости. Оптимальной является повторная закалка в воде стали 65Г от температур 820 - 840 °С, обеспечивающая твердость 53 - 54HRC.

References

1. Аулов, В.Ф. Результаты полевых испытаний упрочненных рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Ф. Аулов, П.В. Лужных, А.В. Кирейнов, А.В. Рыбалкин, А.Н. Строев // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113, часть 2. 300-309с.
2. Аникин А.А., Тимофеев В.В., Елютин С.Б., Аникин А.А., Бадерский С.В. Способ упрочнения лезвий рабочих органов почвообрабатывающих орудий // патент России № 2420601. 2011. Бюл. № 16.
3. Жуков, А.А. Износостойкость восстановленных лемехов применением сварочного армирования и термообработки / А.А. Жуков, Л.С. Киселева, В.Н. Свист // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Сборник научных работ. – Брянск.: Издательство Брянской ГСХА. -2007. - № 1, Вып. 6. 36–39с.
4. Коваленко В.П., Лесной К.Я., Гусев С.С., Леонов И.Н. Использование ПГС – полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве./ Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2003. № 1. С. 10.
5. Карапетян М.А. Повышение эффективности технологических процессов путем уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов./ Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Московский государственный университет природообустройства. Москва, 2010г.
6. Михальченков, А.М. Влияние твердости термоупрочненной стали 65Г на износостойкость и ресурс плужных лемехов / А. М. Михальченков, А. А. Новиков // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 8. С. 45-48.

7. Новиков А.А. Повышение долговечности плужных лемехов их восстановлением термоупрочненными компенсирующими элементами. / Диссертация на соискание ученого звания кандидат технических наук. Брянск 2017. С. 185.
8. Осенних, Е.А. Анализ способов поверхностной закалки деталей машин сельскохозяйственной техники / Е.А. Осенних, Г.С. Игнатьев // Достижения науки - агропромышленному производству: сб. мат. IIIV межд. научп. конф. (Челябинск, 29-31 янв. 2015 г.) – Челябинская ГАА, 2015. – С. 111–118.
9. Тойгамбаев С.К. Повышение надежности изготовления резьбовых соединений. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 3 (59). С. 45-46.
10. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства. / Учебник / Москва. 2020. 484с.
11. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ–21614. / Техника и технология. 2013. № 3. 15-18с.
12. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Учебно- методическое пособие. Изд. "Мегаполис". Москва. 2020. С. 25.
13. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.

TRANSPORT AND MOBILITY

UDC 656.60

Bik I., Degtyareva V. Assessment of the possibility of using the dam roadbed as a highway

Bik Iurii

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction production, waterways and hydrotechnical structures, Siberian state University of water transport

Degtyareva Vera

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical mechanics and lifting transport machines, Siberian state University of water transport

Abstract. *The possibilities of using the earthwork of the dam as a highway are considered. The permissible loads on the earthen structure have been determined. Restrictions have been introduced for the operation of a certain type of motor transport.*

Keywords: *mobile load, slop stability, margin coefficient*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

1. Introduction

When using dams as a road, it is necessary to ensure the required level of reliability in terms of strength, stability and deformability of the roadbed under the influence of established external and internal loads in accordance with [1].

According to [2], the impact of transport load on strength and stability is taken into account:

- in the form of an additional static load on the surface of the roadbed;
- additional dynamic impact arising, spreading and attenuating in the soils of the roadbed and its base, leading to a decrease in the calculated values of the strength and deformation properties of the soils.

Static normative and design characteristics of soils when assessing the reliability of the embankment are determined in accordance with the characteristics of the soils that make up the embankment body of the dam [3, 4].

When taking into account the dynamic impacts from vehicles in calculations of the strength, stability and deformability of the roadbed of a dam, on the crest of which a road is

organized, standard loads and design loading schemes should be specified in accordance with [5, 6].

The article discusses the calculation method of the permissible load on the earthwork of the dam [7-9] using the example of the right-bank dam of the approach channel of the Novosibirsk lock. The technological passage of vehicles is located on the crest of the right-bank dam of the lower approach channel of the Novosibirsk lock. The schematic general plan of the lock is shown in Fig. 1.

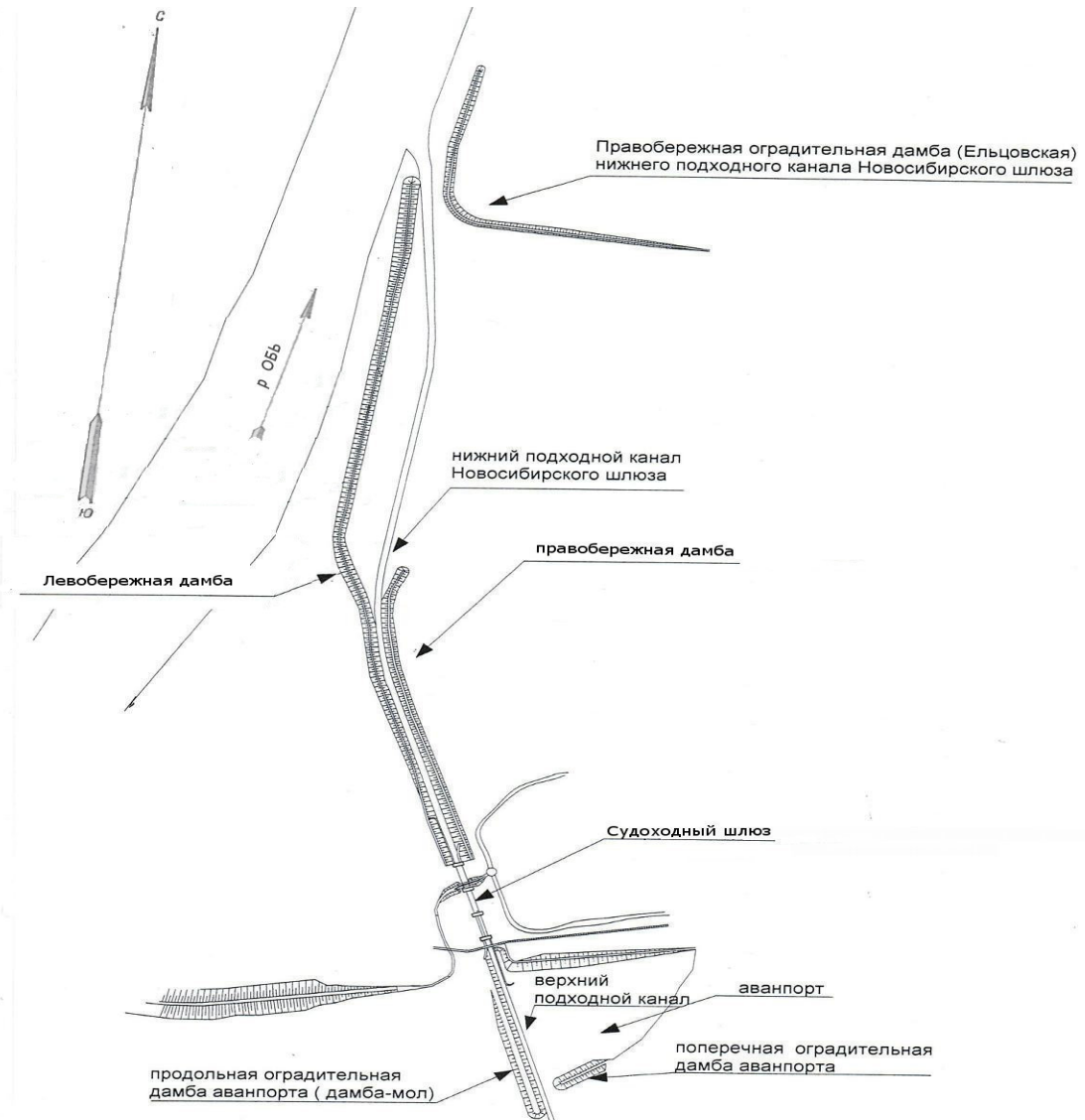


Figure 1. Schematic general plan of the hydroelectric power station

2. Materials and methods

One of the main factors influencing the stability of a soil structure is the hydrological conditions of the soil. The soil deposits of the dam in question are represented by sands of varying sizes, sandy loams, loams and clays. The thickness of the listed sediments is not maintained in depth and in plan, the soils often pinch out and replace each other. In the swampy area (the area of the oxbow lake), swamp deposits in the form of highly decomposed brown peat are widespread. The bulk soils of heterogeneous composition are a mixture of gravelly sand, pebbles, sandy loam, loam and construction waste.

The water-bearing rocks are silty sands, fine to medium-sized sands, and less often sandy loams; at the base of the deposits lie gravelly sands, gravel and pebble soils.

Depending on the surface elevations and the slope of the groundwater flow, the depth of groundwater varies from 2.9 to 9.0 meters.

The calculation of the stability of the slope of the embankment of the dam at the Novosibirsk lock, taking into account the dynamic impact of vehicles, was carried out taking into account the possible displacement of part of the slope as a result of a cut along the critical surface, which takes the form of a circular cylindrical with some rotation around the horizontal axis [2, 10] (Fig. 2).

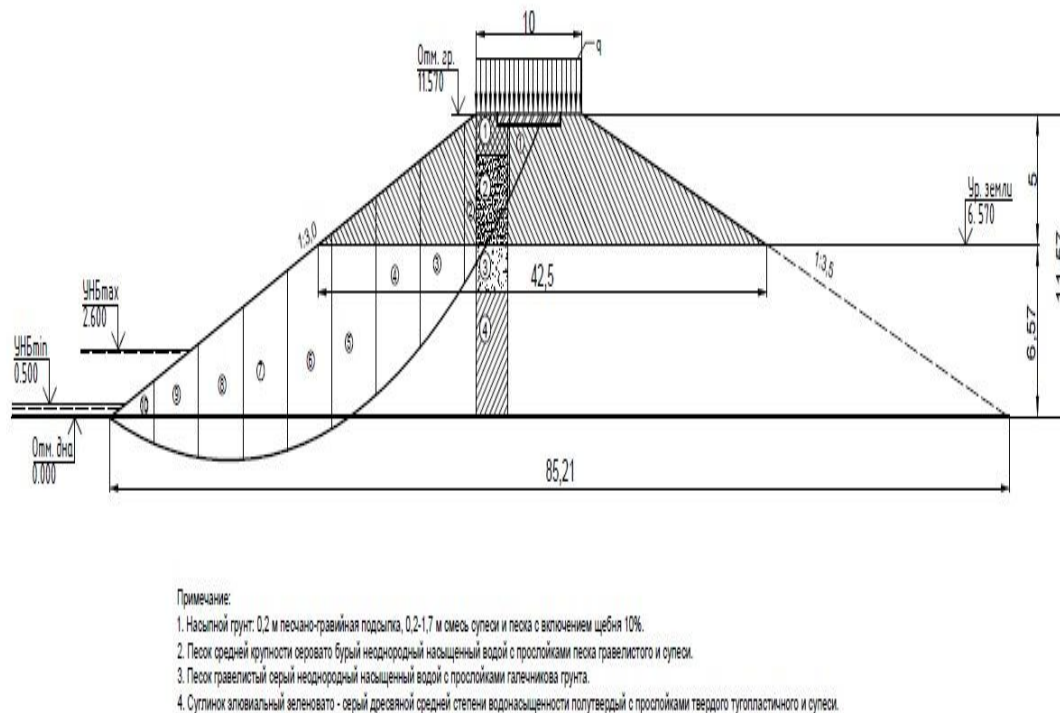


Figure 2. Calculation scheme of the dam embankment

The calculations were performed for the conditions of a flat problem, i.e. for a slope element with a length (along the route) of 1.0 m. The width of the dam is 10 meters, the height is 11.57 meters, the slope angle from the NPK side is 1:3. Medium-sized sand with a density of $\rho_s = 2.03 \text{ t/m}^3$ with an angle of internal friction of 35° (blocks 1-2), with an angle of internal friction of 25° (blocks 3-4); loam with a density of $\rho_s = 1.9 \text{ t/m}^3$ with an internal friction angle of 20° (blocks 5-10) and specific adhesion $c = 0.1 \text{ t/m}^2$.

When calculating the stability of the dam's embankment slopes, the forces arising in it from the soil's own weight, taking into account the water level in the NPK and from the impact of a temporary moving load of intensity q (Fig. 2), were taken into account.

The calculation of the standard load with intensity q from motor vehicles on public roads was performed on the basis of GOST [6]. The schemes for determining the design loads are presented in Fig. 3, 4.

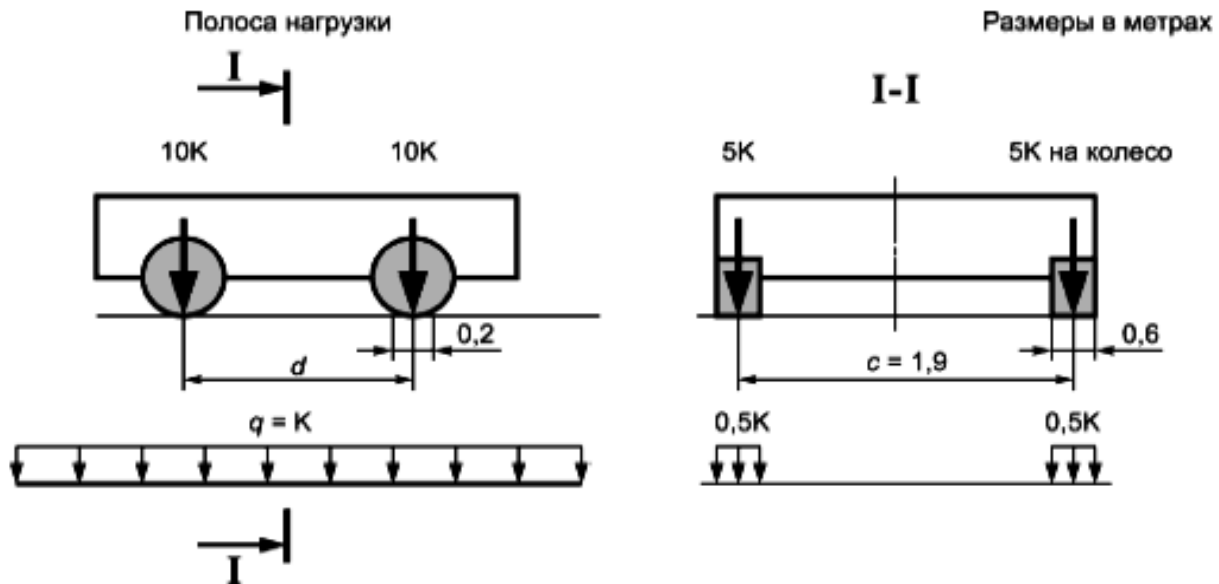


Figure 3. Scheme of standard load of the AC from motor transport

Load diagram (AK) corresponds to the load from passenger cars, diagram b) (NK) is recommended for vehicles carrying heavy loads (freight transport) [6].

The standard load AK (Fig. 3) includes one two-axle bogie with an axle load of 10K (kN), and a load q with an intensity of K (kN/m) uniformly distributed along the road. Load class K is taken in calculations to be equal to 10 (for highways with lightweight and transitional road surfaces [6]). The base of the load trolley AK (d) in calculations for highways is taken to be equal to 2.5 m.

We reduce the load from the AK trolley to an equivalent uniformly distributed load [6] with an intensity of q_{AK} (kPa):

$$q_{AK} = \frac{7,4n}{B_{3n}} K = \frac{7,4 \cdot 2 \cdot 10}{10} = 14,8 \text{ kPa} \approx 1,5 \text{ m} / \text{m}^2,$$

where $B_{3n} = 10$ – width of the roadbed at the top;

$n = 2$ - number of traffic lanes;

$K = 10$ - load class for roads with light and transitional type road surfaces.

The standard load of the NK (Fig. 4) is presented in the form of a single four-axle bogie with an axle load of 18K (kN). The load class is taken as $K = 8.3$ (for highways of all categories [5]).

The moving load of intensity q from freight transport on the surface of the roadbed is determined by the formula [5]:

$$q_{HK} = \frac{4 \cdot 18K}{(D + 0,2)(c + 0,8)} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 8,3}{3,8 \cdot 3,5} = 45 \text{ kH} / \text{m}^2 = 4,5 \text{ m} / \text{m}^2,$$

where $D = 3.6$ is the NK load base (m);

$c = 2.7$ – track width of the load (m).

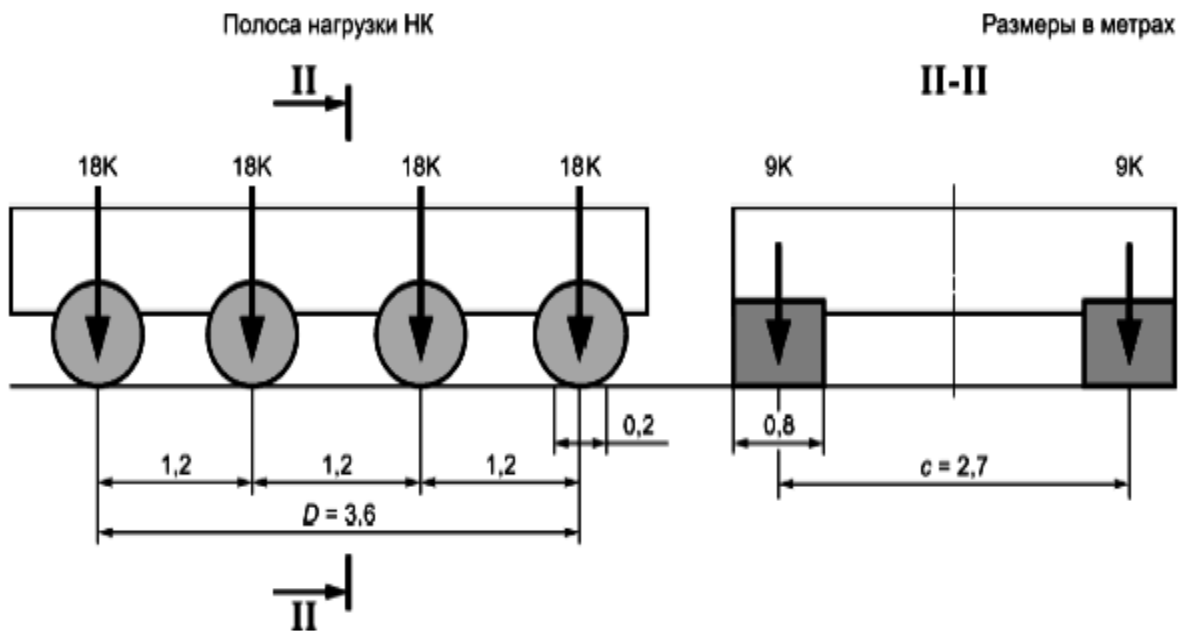


Figure 4. Scheme of standard load of the NK from motor transport

To assess the stability of the slopes of the roadbed, assuming that the violation of its stability can occur in the form of a collapse with shear and rotation, the method of circular cylindrical sliding surfaces in the modification of K. Terzaghi is used (Fig. 2).

The degree of stability of the slope of the roadbed is assessed by the value of the coefficient of safety of stability, determined by the ratio of the moment of the retaining forces M_{y_d} to the moment of the shear forces $M_{c_{дв}}$, relative to the center of the most dangerous sliding arc

$$K = \frac{M_{y_d}}{M_{c_{дв}}}.$$

To determine the safety factor, the selected sliding soil massif, limited by the sliding curve, is divided by vertical sections into 10 blocks (Fig. 2). The width of the blocks is taken to be 4 meters.

The dynamic impact of vehicles is taken into account by introducing a distributed load on the dam crest with intensity q , determined by the first formula above for passenger cars and by the second formula for trucks [5].

Based on the obtained calculation scheme, the reaction of the soil on the sliding surface is determined for each selected block, consisting of the friction force $N_i * tg\phi_i$ directly proportional to the normal pressure, and the adhesion force $C_i l_i$, where ϕ_i is the calculated value of the angle of internal friction of the soil in the block under dynamic action; is the calculated value of the specific adhesion of the soil in the block; l_i is the length of the segment of the sliding arc within the block; $N_i = Q_i * \cos \alpha_i$ is the normal component of the weight of the block; α_i is the angle of inclination of the sliding surface of the block to the horizon.

The shear force was determined using the dependence $T_i = Q_i * \sin \alpha_i$.

3. Results and Discussion

The calculation results are presented in Tables 1, 2 and 3.

Table 1

Calculation of stability characteristics of soil blocks
in the absence of motor vehicles on the crest of the dam

Block ordinal number	Q_i	$T_i = Q_i * \sin \alpha_i$	$N_i = Q_i * \cos \alpha_i$	$N_i * tg\phi_i$	$C_i l_i$
1	10,4	6.7	8.1	5.6	0
2	35.7	20.4	29.3	20.5	0
3	47.5	23.7	41.3	19.2	0
4	53.2	20.8	48.9	22.8	0.4

Block ordinal number	Q_i	$T_i = Q_i * \sin \alpha_i$	$N_i = Q_i * \cos \alpha_i$	$N_i * tg \phi_i$	$C_i l_i$
5	28.0	8.7	26.6	9.6	0.4
6	25.1	6.5	24.3	8.7	0.4
7	24.2	3.8	23.8	8.6	0.4
8	19.2	0.6	19.2	6.9	0.4
9	14.0	0.4	14.0	5.0	0.4
10	9.1	1.4	8.9	3.2	0.6
total		93, 0		110.1	3.0

Table 2

Calculation of stability characteristics of soil blocks at
standard load of the AK on the dam crest (passenger vehicles)

Block ordinal number	Q_i	$T_i = Q_i * \sin \alpha_i$	$N_i = Q_i * \cos \alpha_i$	$N_i * tg \phi_i$	$C_i l_i$
1	16.5	10.5	12.7	8.9	0
2	40.22	22.7	33.0	23.1	0
3	47.5	23.7	41.3	19.2	0
4	53.2	20.8	48.9	22.8	0.4
5	28.0	8.7	26.6	9.6	0.4
6	25.1	6.5	24.3	8.7	0.4
7	24.2	3.8	23.8	8.6	0.4
8	19.2	0.6	19.2	6.9	0.4
9	14.0	0.4	14.0	5.0	0.4
10	9.1	1.4	8.9	3.2	0.6
total		99.1		116.0	3.0

Table 3

Calculation of stability characteristics of soil blocks at
standard load H K on the dam crest (trucks)

Block ordinal number	Q_i	$T_i = Q_i * \sin \alpha_i$	$N_i = Q_i * \cos \alpha_i$	$N_i * tg \phi_i$	$C_i l_i$
1	28.4	18.3	27.9	15.3	0
2	49.2	28.1	40.3	28.2	0
3	47.5	23.7	41.3	19.2	0
4	53.2	20.8	48.9	22.8	0.4
5	28.0	8.7	26.6	9.6	0.4
6	25.1	6.5	24.3	8.7	0.4
7	24.2	3.8	23.8	8.6	0.4
8	19.2	0.6	19.2	6.9	0.4
9	14.0	0.4	14.0	5.0	0.4
10	9.1	1.4	8.9	3.2	0.6
total		112.3		127.5	3.0

Based on the calculations carried out, the coefficient of safety of the slope of the roadbed for the adopted sliding surface was determined:

$$K = \frac{\sum (N_i * tg\phi_i + C_i l_i)}{\sum T_i}.$$

According to the data in Tables 1-3, the stability coefficients of the embankment slope are found for the considered operating conditions of the dam:

- in the absence of motor vehicles on the crest of the dam

$$K = \frac{110,1 + 3,0}{93,0} = 1,22;$$

- in case of presence of passenger vehicles on the crest of the dam

$$K = \frac{116,0 + 3,0}{99,1} = 1,2;$$

- in case of presence of freight transport on the crest of the dam

$$K = \frac{127,5 + 3,0}{112,3} = 1,16.$$

Considering that for roads of the second category, according to GOST, the standard slope stability coefficient is $K_H = 1.2$, we conclude that the movement of freight transport ($K = 1.16 < 1.2 = K_H$) along the dam crest is unacceptable. The movement of passenger vehicles complies with the standard loads.

Consequently, the movement of heavy-duty vehicles (with an axle load of more than 3 tons) along the right-bank dam of the lower approach channel of the Novosibirsk lock, in order to ensure the strength and stability of the slope of the hydraulic structure and prevent deformation of the roadbed, must be prohibited.

References

1. GOST 27751-2014 «Reliability of building structures and foundations. Basic Provision», Intro . 2015-07-01, M. , 2015, 14 p.
2. ODM 218.2.068-2016 «Recommendations for taking into account the dynamic impact of modern vehicles when calculating the strength, stability and deformability of the roadbed», Introduced on 27.04, 2016, M., 2016, 51p.
3. Declaration of Safety of the Novosibirsk Gateway NRGs., 2023, 115 p.
4. Research report «Survey of the Novosibirsk gateway», Novosibirsk: СЫГЦЕ, 2022, 68 p.

5. GOST R 52748-2007 «Public roads. Standard loads, design loading schemes and approach dimensions», Introduced, 2008-01-01, M., 2008, 17 p.
6. GOST 32960-2014 «Public roads. Standard loads, design loading schemes», Introduced, 2015-07-01, M., 2015, 7 p.
7. Bik, I., Degtyareva, V. (2020) «Assessment of the stability of coastal slopes during river meandering», Siberian Scientific Bulletin, XXIV , pp. 54-56.
8. Bik, I., Degtyareva, V. (2023) « Assessment of bank stability at the Novo - Loginovsky bend of the Irtysh River», Scientific problems of Siberia and the Far East, No.2, pp. 73-76.
9. Bik, I. (2018) «Experimental studies of the stress-strain state of hydraulic structures», Novosibirsk: SSUWT, 105 p.
10. ODN 218.046-01 «Design of flexible road surfaces», Introduced 2001 01-01. M, 2001, 143 p. Date of update: 2021-01-01.

CONCLUSION

Issue №3(2) – 2025 of the International Journal of Professional Science serves as a testament to the vibrant and evolving landscape of scientific research. The variety of themes—ranging from energy efficiency and urban construction to materials science and transportation infrastructure—demonstrates the interdisciplinary nature of contemporary challenges and the need for collaborative, cross-sectoral solutions.

We extend our gratitude to all contributors for their rigorous work and valuable input, which enrich the scientific discourse and support the development of evidence-based practices. As science continues to reshape our world, we believe that fostering international cooperation and publishing diverse research perspectives will remain essential in promoting sustainable progress and innovation.

We welcome readers, researchers, and practitioners to explore this issue and engage with the ideas presented, hoping they will inspire new questions, further research, and meaningful impact.

Warm regards,
Krasnova N.
Editor-in-Chief
International Journal Of Professional Science

Electronic scientific editions

International journal of Professional Science

international scientific journal
№3(2)/2025

Please address for questions and comments for publication as well as suggestions
for cooperation to e-mail address mail@scipro.ru



Format 60x84/16. Conventional printed
sheets 5,1
Circulation 100 copies
Scientific public organization
“Professional science”