



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



**№9(77)**

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**МОСКВА, 2024**



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ 9 (77)  
Сентябрь 2024 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2024

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

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

Редакционная коллегия:

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам LXXVII междунар. науч.-практ. конф. – № 9 (77). – М.: Изд. «МЦНО», 2024. – 34 с.

ISSN 2541-8394

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

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2024

## **Оглавление**

<b>Технические науки</b>	<b>4</b>
<b>Раздел 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>4</b>
АНАЛИЗ РАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СХЕМ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА Асадуллин Марат Алмазович Ашрапова Эллина Ринатовна Лапкина Елизавета Сергеевна Хабибуллин Фаниль Фаргатович	4
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАНЫМИ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ С ЧПУ Морев Артем Сергеевич	9
АНАЛИЗ РЫНКА ЗАРУБЕЖНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Сладкова Любовь Александровна Фокин Валерий Владимирович	16
<b>Физико-математические науки</b>	<b>27</b>
<b>Раздел 2. Физика</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Приборы и методы экспериментальной физики</b>	<b>27</b>
ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ САМООБРАЗОВАНИЯ В ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНЛАЙН-РЕСУРСОВ Ешбаева Малика Максетабаевна	27

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **РАЗДЕЛ 1.**

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **1.1. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

#### **АНАЛИЗ РАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СХЕМ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА**

***Асадуллин Марат Алмазович***

*студент,*

*Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,  
РФ, г. Казань*

***Ашрапова Элина Ринатовна***

*студент,*

*Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,  
РФ, г. Казань*

***Лапкина Елизавета Сергеевна***

*студент,*

*Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,  
РФ, г. Казань*

***Хабибуллин Фаниль Фаргатович***

*канд. техн. наук, доц.,*

*Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,  
РФ, г. Казань*

## ANALYSIS OF THE DIFFERENCE IN THE USE OF PLANETARY MECHANISM SCHEMES

**Marat Asadullin**

Student,  
Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev – KAI,  
Russia, Kazan

**Elina Ashrapova**

Student,  
Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev – KAI,  
Russia, Kazan

**Elizaveta Lapkina**

Student,  
Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev – KAI,  
Russia, Kazan

**Fanil Khabibullin**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev – KAI,  
Russia, Kazan

**Аннотация.** В статье представлен анализ разности использования схем планетарного механизма, которые находят широкое применение в современных машиностроительных системах, например, в редукторах и робототехнике. Рассматриваются различные конфигурации планетарных механизмов и их преимущества.

**Abstract.** The article presents an analysis of the difference in the use of planetary mechanism circuits, which are widely used in modern engineering systems, for example, in gearboxes and robotics. Various configurations of planetary mechanisms and their advantages are considered.

**Ключевые слова:** планетарная передача, коронная шестерня, передаточные отношения, преимущества, эффективность.

**Keywords:** planetary gear, crown gear, gear ratios, advantages, efficiency.

## 1. Планетарная передача с подвижной коронной шестернёй

Планетарная передача с подвижной коронной шестернёй представляет собой механизм, в котором передача движения осуществляется при помощи нескольких шестерён, состоящих из центральной (солнце), планетарных и коронной шестерни.

Компоненты системы:

- Центральная шестерня (солнце): основной элемент, к которому прикреплено вращение.
- Планетарные шестерни: несколько шестерён, которые вращаются вокруг своей оси и одновременно вокруг центральной шестерни.
- Коронная шестерня: внешняя шестерня, которая окружает планетарные шестерни. Она может быть неподвижной или подвижной.

Когда центральная шестерня начинает вращаться, она передает движение на планетарные шестерни. Планетарные шестерни, вращаясь вокруг своей оси, также движутся по окружности, описываемой коронной шестернёй, обеспечивая передачу крутящего момента. Если коронная шестерня подвижная, её движение может изменять передаточное число и тем самым влиять на скорость и форсирование механизма. При изменении положения коронной шестерни можно достигать разных передаточных соотношений, что даёт возможность регулировать скорость и мощность на выходе.

Преимущества планетарной передачи с подвижной коронной шестернёй:

- компактность: планетарные передачи занимают меньше места по сравнению с другими типами передач, так как все элементы располагаются в одном узле.
- высокий крутящий момент: способность передавать значительные нагрузки благодаря распределению усилий между несколькими планетарными шестернями.
- разнообразие передаточных отношений: возможность легко изменять передаточные отношения за счёт регулировки положения подвижной коронной шестерни.
- сглаженный ход: обеспечивают плавное и стабильное движение за счёт равномерного распределения нагрузки на планетарные шестерни.
- эффективность: высокая степень механической эффективности, что снижает потери энергии.
- универсальность: широкая область применения в различных отраслях, включая автомобилестроение, аэрокосмическую индустрию и промышленное оборудование.

- низкий уровень шума: работают относительно тихо, что делает их подходящими для применения в бытовой и профессиональной технике.

## 2. Планетарная передача с неподвижными осями колес

Планетарная передача состоит из трех основных компонентов: коронной шестерни, планетарных колес и водила. При остановленном водиле коронная шестерня и планетарные колеса работают вместе, превращая входная энергия в выходное вращение.

В таком механизме, когда водило неподвижно, коронная шестерня вращается, что приводит в движение планетарные колеса. Эти колеса в свою очередь передают вращение на выходной вал. Это создает два ступенчатых взаимодействия: первое – между коронной шестерней и планетарными колесами, второе – между планетарными колесами и выходным валом.

Преимущества планетарной передачи с подвижной коронной шестерней:

- компактность: планетарные передачи занимают меньше пространства по сравнению с традиционными зубчатыми передачами, что позволяет создавать более компактные механизмы.

- высокое передаточное отношение: это позволяет добиться значительных передаточных отношений в пределах одного механизма. Это особенно полезно в приложениях, где требуется высокая стабильность вращения.

- эффективность передачи энергии: остановка водила уменьшает потери энергии на трение и износ, что делает систему более эффективной.

- снижение нагрузки на подшипники: поскольку водило неподвижно, это уменьшает динамические нагрузки на подшипники, увеличивая срок их службы и снижая необходимость в обслуживании.

- улучшенная надежность: простая конструкция и меньше подвижных частей делают планетарные передачи более надежными и устойчивыми к поломкам.

- гибкость в конструкции: возможность настройки системы для различных сценариев использования за счет замены или изменения планетарных шестерен, что позволяет легко адаптировать передачу под конкретные задачи.

## 3. Планетарная передача с неподвижной коронной шестерней

В этой конструкции коронная шестерня фиксируется, и планетарные шестерни вращаются вокруг неё, обеспечивая передачу мощности.

В планетарной передаче с неподвижной коронной шестерней используются три основных компонента: планетарные шестерни, коронная шестерня и солнечная шестерня.



Вращение солнечной шестерни: когда вращается солнечная шестерня, планетарные шестерни, находящиеся между солнечной и коронной шестернями, начинают вращаться вокруг своей оси.

Обратное движение: поскольку коронная шестерня неподвижна, движение планетарных шестерней приводит к вращению на выходе, который может быть подключён к нагрузке.

Это устройство позволяет достигать высоких передаточных отношений, которые могут варьироваться в зависимости от количества зубьев на солнечной и коронной шестернях. Передаточное отношение может быть точно определено с использованием формул, которые учитывают количество зубьев и конструкцию передачи.

Преимущества:

- высокая устойчивость: неподвижная коронная шестерня стабилизирует систему, что увеличивает её надёжность и долговечность.
- оптимизация пространства: позволяет создавать более компактные конструкции, так как миниатюрные планетарные передачи часто могут быть интегрированы в ограниченное пространство.
- увеличенные передаточные отношения: возможность достижения более высоких передаточных отношений с меньшими размерами, что часто используется в трансмиссиях автомобилей и других механизмах.
- Уменьшение вибраций: фиксация коронной шестерни способствует равномерному распределению нагрузки и снижению вибраций, что обеспечивает плавную работу.

### Список литературы:

1. Кустов А.В., Кукушкин Е.В. Теория механизмов и машин. - В 2. Ч. 2/ учеб. пособие изд. - Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2022. - 84 с.
2. Сарсенов Б.А., Максудова Н.А. Планетарная передача // Молодой ученый. - 2018. - №48. - С. 46-48.
3. Филичкин Н.В. Анализ планетарных коробок передач транспортных и тяговых машин. - Учебное пособие изд. - Челябинск: ЮУрГУ, 2008. - 178 с.

## ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ С ЧПУ

*Морев Артем Сергеевич*

*соискатель,*

*Военный институт (инженерно-технический)*

*федерального государственного казенного*

*военного образовательного учреждения*

*высшего образования*

*«Военная академия материально-технического*

*обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева,*

*РФ, Санкт-Петербург*

## PRODUCTION-ORIENTED SYSTEM ARCHITECTURE FOR PARAMETER-BASED DATA MANAGEMENT IN CNC MACHINING PROCESSES

*Artem Morev*

*Postgraduate student,*

*Military Academy of Logistics named after General*

*of the Army A.V. Khrulyov of the Ministry of Defense*

*of the Russian Federation,*

*Russia, Saint Petersburg*

**Аннотация.** В данной статье представлена архитектура управления данными, ориентированная на промышленность, которая позволяет автоматически связывать обратную связь от станков и датчиков с метаинформацией CAD/CAM-процесса на протяжении всего цикла разработки изделия. Предлагаемая система использует современные технологии обработки на основе открытых протоколов связи. Предлагаемая система демонстрируется на примере обрабатывающего токарно-фрезерного центра и координатно-измерительной машины.

**Abstract.** This paper presents an industry-oriented data management architecture to automatically link feedback from machine tools and sensors to CAD/CAM process meta-information throughout the product development cycle. The proposed system utilises state-of-the-art processing technologies

based on open communication protocols. The proposed system is demonstrated on the example of a machining turning and milling centre and a coordinate measuring machine.

**Ключевые слова:** управление данными, cad/cam, обработка с чпу.

**Keywords:** data management, cad/cam, cnc machining.

## 1. Введение

Соединение обратной связи реального станка с виртуальным представлением дает множество преимуществ, таких как ввод в эксплуатацию виртуального станка, виртуальное планирование и моделирование процессов или мониторинг состояния для выявления аномальных характеристик [2, с. 88]. Использование комбинации возможностей виртуального моделирования и прямой обратной связи с машинами позволяет создать новое поколение интеллектуальных, гибких и автономных рабочих станков.

Для того чтобы эти концепции работали, необходимо создать двунаправленный интерфейс данных, обеспечивающий бесперебойную связь между реальными станками, сенсорной техникой и виртуальным представлением. В контексте обработки на станках с ЧПУ в предыдущие годы было представлено несколько подходов к бесперебойной передаче данных, таких как обработка на основе функций или STEP-NC (ISO 14649), однако они не были полностью адаптированы производственными компаниями в повседневной практике.

## 2. Обработка на основе характеристик для сред CAx

Фундаментальной концепцией современной обработки с ЧПУ является разделение геометрии детали и операций обработки на конструктивные и технологические элементы. Особенности - это призматические элементы, такие как карманы, пазы или отверстия, созданные на этапах автоматизированного проектирования (CAD) и автоматизированного производства (CAM) при разработке изделия.

В области проектирования элемент представляет собой фиксированную геометрию, связанную с информацией, определяющей технологический процесс, такой как операции, размеры, допуски, шероховатость поверхности или стратегии использования инструмента.

В контексте информационной инженерной базы признаки обеспечивают ориентированную на обработку перспективу геометрических элементов, позволяя добавлять специфическую информацию о производстве продукции (PMI), такую как допуски, требования к поверхности или передовые стандартные процессы и инструменты [1, с. 246]. Таким

образом, можно реализовать автоматизированную генерацию конкретных технологических операций и траекторий инструментов для элементов, чтобы сократить общее время, необходимое для создания программ числового программного управления на этапе разработки изделия с использованием САМ [5, с. 43].

Аналогичные концепции могут быть приняты и для задач контроля и координатно-измерительного оборудования.

3. Система отраслевого и двунаправленного обмена данными для процессов обработки на станках с ЧПУ

В данной работе представлен ориентированный на промышленность подход к автоматическому сбору данных на основе признаков, позволяющий инженерам-технологам анализировать технологические данные. В данной работе разработана и протестирована система сбора данных на основе признаков, собирающая мета- и технологическую информацию из цепочки субтрактивного процесса с учетом планирования процесса, его выполнения, а также контроля качества процесса.

### 3.1. Концепция сбора данных на основе признаков

В основе системы лежат идеи двунаправленного обмена данными в технологической цепочке CAD/CAM/CNC с использованием конструктивных и производственных особенностей, определенных в таких стандартах, как STEP или STEP-NC, однако для сбора необходимых данных о планировании и процессе используется коммерческое программное обеспечение CAD/CAM и системы числового программного управления.

В представленном подходе структура элементов проектирования и изготовления используется в качестве основного информационного элемента на различных этапах жизненного цикла изделия, таких как виртуальное планирование процесса, фактическое изготовление и контроль качества. Таким образом, особенность объединяет геометрическую информацию CAD (например, форму и размер особенности, количество граней, кромок, требования к конструкции, такие как допуски и размеры), метainформацию САМ-планирования процесса (например, метаданные рабочей части, стратегии и операции резания, метаданные инструмента), фактические данные процесса, собранные со станков с ЧПУ и дополнительных сенсорных систем (например, нагрузки на шпиндель, положения осей или датчиков вибрации), а также данные контроля качества с оборудования, такого как координатно-измерительная машина (например, традиционные допуски и размеры). Объединение всех этих наборов данных с помощью структуры признаков позволяет создать расширенную аналитическую базу данных признаков, используемую для автоматической и основанной на данных оценки и интерпретации потенциала оптимизации в контексте обработки на станках с ЧПУ.

Чтобы обеспечить гибкий подход, ориентированный на промышленность, система сбора данных на основе признаков должна быть отделена от отдельных программных систем, используемых в технологической цепочке CAD/CAM/CNC, и выступать в качестве промежуточного слоя между виртуальным планированием процесса и реальными объектами обработки. Она должна предоставлять гибкие интерфейсы для взаимодействия с исторически сложившимися архитектурами систем и проприетарными форматами, используемыми в системах цепочек CAD/CAM/CNC.

В данной работе была реализована и подключена к образцовым программным и аппаратным компонентам в контексте обработки на станках с ЧПУ отделенная аналитическая база данных характеристик. В представленной системе структура данных на основе признаков, отвечающая за сбор данных, реализована на промышленном ПК в среде ЧПУ и предоставляет интерфейсы для основных аспектов субтрактивной обработки и измерений качества [3, с. 89].

Основным преимуществом предлагаемой архитектуры является ее гибкость в отношении интеграции в заданные цепочки промышленных программных систем. По сравнению с такими подходами, как STEP-NC [4, с. 389], для реализации которых обычно требуются новые контроллеры ЧПУ, предлагаемая система работает как отдельный модуль, собирающий соответствующие данные из различных программных и управляющих систем с помощью отдельных точек подключения. После установления соединения централизованная структура характеристик соответствующей детали используется в качестве основного элемента данных во всех программных системах. Таким образом, промышленные компании могут продолжать использовать уже созданную цепочку программного обеспечения, получая при этом выгоду от сбора данных на основе признаков и соответствующей аналитики. Если компания принимает решение об обмене различными программными системами, необходимо адаптировать/заменить только коннектор, в то время как функциональность сбора данных остается нетронутой.

#### 4. Валидация исследования.

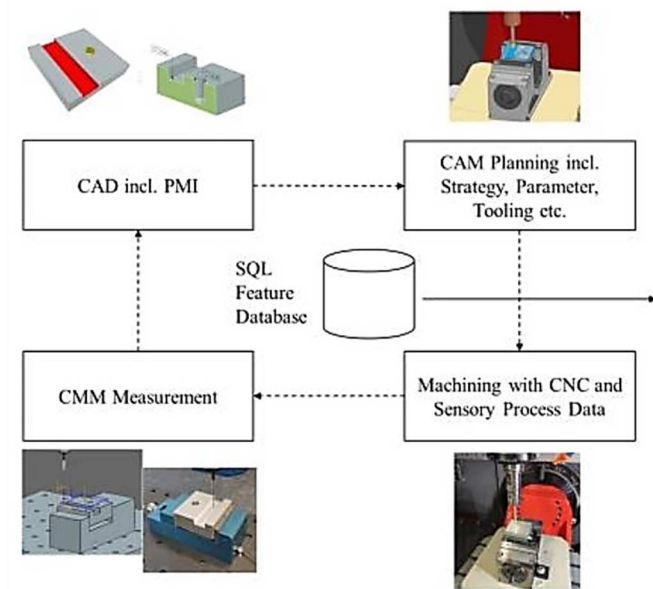
Разработанные программные компоненты, такие как скрипты сбора данных по признакам, развернуты на промышленном компьютере EDGE, который подключен к программным системам Siemens NX CAD/CAM, и соответствующем оборудовании в лаборатории. В качестве экспериментальной установки использовался 5-осевой обрабатывающий центр с ЧПУ Dinomax DM3 с системой числового программного управления Siemens Sinumerik 840Dsl. Кроме того, в станок был интегрирован инновационный сенсорный держатель инструмента, способный измерять

вибрации при фрезеровании. Для измерения качества использовалась координатно-измерительная машина СММ-MN432. Для тестирования разработанного модуля сбора данных на основе признаков была выбрана прямоугольная алюминиевая заготовка (АМг6, ДхШхВ: 80х80х30 мм). Конечная геометрия детали состоит из двух простых производственных элементов - отверстия и паза, что обеспечивает сбор различных данных при проектировании детали (CAD), планировании операций (CAM), фактической обработке (ЧПУ и сенсорный держатель инструмента), а также при тактильном контроле качества (КИМ). Используя разработанную систему, соответствующие наборы данных собираются и сохраняются в базе данных для дальнейшего анализа, что позволяет проверить правильность предложенного подхода.

#### 4.2. Результаты

Было успешно реализовано извлечение данных из программной цепочки САХ. Информация о геометрических характеристиках была разработана в среде САПР Siemens NX. С помощью программного интерфейса NXOpen и разработанного сценария извлечения данных все САД-характеристики, а также информация о производстве 3D-продукта (плоскостность, круглость) могут быть извлечены в базу данных характеристик. Продемонстрирована функциональность извлечения данных процесса на основе характеристик из оборудования с ЧПУ. Обосновано, что интеграция точек данных измерений КИМ не может быть реализована без ручной работы.

Наконец, после сохранения всех соответствующих точек данных в разработанной базе данных признаков был создан первый примерный пользовательский интерфейс для анализа данных. С помощью предлагаемой системы сбора данных можно перейти от проблем, связанных с качеством, к наборам данных, ориентированным на технологию. Например, выбранный инструмент может быть проанализирован на основе максимальных и минимальных вибраций при резании во время выбранных производственных заказов. Кроме того, можно проанализировать историю снятого материала по каждому инструменту и серийному номеру. Невыполненное требование к плоскостности можно проанализировать с помощью данных ЧПУ по каждой операции обработки и сравнить с предыдущими производственными заказами. Дальнейший анализ возможен с помощью разработанного модуля сбора данных на основе признаков. На рисунке представлен обзор процесса демонстрации и используемый интерфейс анализа.



**Рисунок 1. Схема сбора и анализа данных с использованием разработанного прототипа системы**

##### 5. Заключение.

В данной статье представлен ориентированный на промышленность подход к управлению данными о механической обработке, основанный на фундаментальном принципе проектирования и обработки с учетом особенностей. Предложен гибкий модуль сбора данных на основе признаков, который взаимодействует с различными программными системами CAD/CAM, станками, дополнительными системами датчиков, а также измерительным оборудованием, используя индивидуальные интерфейсы для коммерческих систем.

##### Список литературы:

1. Борисов М.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Гибридная технология электрохимической обработки сложнопрофильных изделий // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21, № 1.
2. Скиба В.Ю. Гибридное технологическое оборудование: повышение эффективности ранних стадий проектирования комплексированных металлообрабатывающих станков // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21, № 2.

3. Madhavulu G., Ahmed B. Hot machining process for improved metal removal rates in turning operations // Journal of Materials Processing Technology. – 1994. – Vol. 44.
4. Özler L., Inan A., Özel C. Theoretical and experimental determination of tool life in hot machining of austenitic manganese steel // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2001. – Vol. 41, iss. 2.
5. Parida A.K., Maity K. Experimental investigation on tool life and chip morphology in hot machining of Monel-400 // Engineering Science and Technology, an International Journal. – 2018. – Vol. 21, iss. 3.
6. Sun S., Harris J., Brandt M. Parametric investigation of laser-assisted machining of commercially pure titanium // Advances Engineering Materials. – 2008. – Vol. 10, iss. 6.



## **АНАЛИЗ РЫНКА ЗАРУБЕЖНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

***Сладкова Любовь Александровна***

*д-р техн. наук, проф.*

*кафедры «Наземные транспортно-технологические средства»,  
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»,  
РФ, г. Москва*

***Фокин Валерий Владимирович***

*аспирант*

*кафедры «Наземные транспортно-технологические средства»,  
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»,  
РФ, г. Москва*

## **ANALYSIS OF THE MARKET OF FOREIGN CONSTRUCTION AND ROAD MACHINERY IN MODERN PRODUCTION**

***Lyubov Sladkova***

*Doctor of Technical Sciences, Professor of the  
Department of Land Transport and Technological Means  
of the Federal State Autonomous Educational Institution  
of Higher Education "Russian University of Transport",  
Russia, Moscow*

***Valery Fokin***

*Postgraduate student of the  
Department of Land Transport and Technological Means  
of the Federal State Autonomous Educational Institution  
of Higher Education "Russian University of Transport",  
Russia, Moscow*

**Аннотация.** Доля занятости импортной техники на производстве в России на настоящий момент достигает колоссальных цифр и превышает по отдельным видам (аэродромная, грузоподъемная, машины для строительства дорог) 90...92%. При этом установлено, что последние

ее закупки датируются 2021-2022 годами, следовательно, избавляться от нее в ближайшие 8...10 лет нецелесообразно. Однако уже сегодня практика эксплуатации показывает, что организации, имеющие на балансе зарубежную технику, испытывают потребность в приобретении запасных частей и механизмов, которые по причине выдвинутых недружественными странами санкций приобретать становится невозможно. **Цель.** Таким образом введение импортозамещения, на наш взгляд, в первую очередь должно быть направлено на обеспечение работоспособности имеющейся в наличии на предприятиях импортной техники до окончания регламентированного срока службы. **Метод.** Необходимо проведение анализа наличия зарубежной строительной и дорожной техники в современном Российском производстве с целью эффективного обеспечения при дальнейшей ее эксплуатации.

**Abstract.** The share of employment of imported equipment in production in Russia at the moment reaches colossal figures and exceeds 90 ... 92%. At the same time, it was established that its last purchases date back to 2021-2022, therefore, to get rid of it in the next 8... 10 years is impractical. However, even today, the practice of operation shows that organizations that have foreign equipment on their balance sheets feel the need to purchase spare parts and mechanisms, which, due to the sanctions imposed by unfriendly countries, become impossible to purchase. Thus, the introduction of import substitution, in our opinion, should primarily be aimed at ensuring the operability of imported equipment available at enterprises until the end of the regulated service life. It is necessary to analyze the availability of foreign construction and road equipment in modern Russian production in order to effectively ensure its further operation.

**Ключевые слова:** зарубежная строительная и дорожная техника, стреловые самоходные краны, жизненный цикл машин.

**Keywords:** foreign construction and road equipment, self-propelled jib cranes, life cycle of machines.

## Введение

Анализируя рынки спецтехники (строительной и дорожной) ряда стран – Бразилии, США, Франции, Германии и России, эксперты пришли к следующему выводу – ни в одной стране нет такой высокой доли импорта, как в России. Российский рынок строительной, дорожной, коммунальной и наземной аэродромной техники на сегодняшний день является наиболее открытым для зарубежных производителей машин и оборудования.

Наложение санкций со стороны недружественных стран поставило под угрозу существование многих организаций, эксплуатирующих строительную и дорожную технику. Причиной этого является то, что на их балансе на сегодняшний день более 90% находится техники зарубежного производства, закупки которой проводились до февраля 2022 года. Особенно это имеет отношение к грузоподъемным средствам, основную часть которых составляют краны производства Liebherr которые, как и любая другая техника подвержены поломкам.

### **Анализ работы стреловых самоходных кранов производства Liebherr**

В частности, это относится к опорно-поворотным устройствам (ОПУ), которые являются одним из самых дорогостоящих элементов машины. Приобретение ОПУ через третьи страны сопряжено с определенными логистическими трудностями. Закупка этого элемента конструкции из дружественных для России стран (Китай) также связано с логистическими трудностями (время поставки превышает три месяца).

По своей сути срок службы опорно-поворотного устройства указанных выше кранов рассчитан на срок службы крана при 1,5 сменной работе в паспортном режиме (15 лет), до первого капитального ремонта 20 000 моточасов, но как показывает практика их эксплуатации на предприятиях, они выходят из строя через 5...7 лет или при наработке 6500-9500 моточасов, то есть всего два...три раза.

Причины несоответствия выхода из строя ОПУ раньше срока службы самого крана частично описаны в трудах многих отечественных ученых [1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] и других, которые связывают их с действием факторов техногенного, эксплуатационного и климатического характеров, а также человеческого факторов.

На наш взгляд здесь присутствует другой неучтенный ранее фактор: различие климатических условий эксплуатации кранов производства Liebherr.

Соотношение цены ОПУ к стоимости крана составляет седьмую часть. Исходя из рынка продаж на октябрь 2023 года, стоимость стреловых самоходных кранов зарубежного производства выросла в 3...4 раза [2], независимо от года их выпуска (см. табл. 1).

**Таблица 1.**

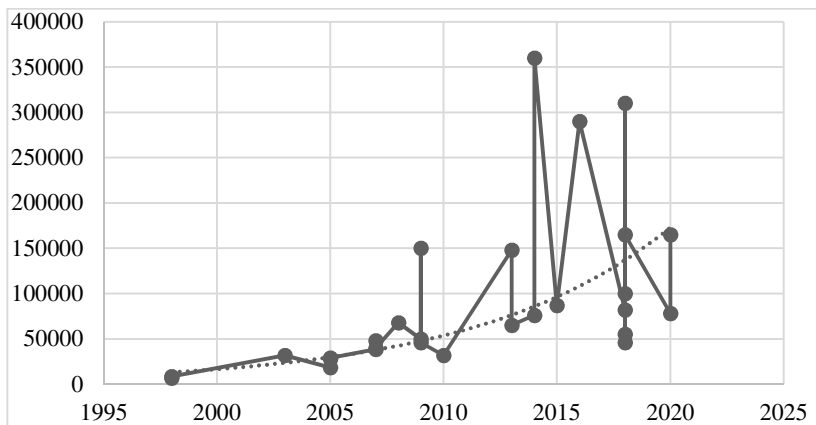
**Ценовая политика стреловых самоходных кранов зарубежного  
производства по состоянию на 22.10.2023 г.**

№ п/п	Марка	Год начала эксплуатации в России	Цена крана, тыс.р	Грузоподъемность, т
1	Liebherr LTM 1230-5.1	2008	Звонить	
2	Liebherr LTM 1200-5.1	2008	68000	
3	Liebherr LTM 1230-5.1	2020	Звонить	230
4	Liebherr LTM 1130-5.1	2018	82000	
5	Liebherr LTM 1500-8.1	2016	290000	
6	Liebherr LTM 1060-3.1	2018	46000	
7	Liebherr LTM 1090-4.2	2020	78000	90
8	Liebherr LTF 1060-4.1	2018	55000	
9	Liebherr LTM 1045-3.1	2005	18500	45
10	Liebherr LTM 1500-8.1	2018	310000	
11	Liebherr LTM 1030	1998	6800	35
12	Liebherr LTM 1750-9.1	2013	Звонить	
13	Liebherr LTM 1055-3.2	2010	32000	55
14	Liebherr LTM 1060-3.1		Звонить	
15	Liebherr LTM 1070-4.1	2007		
16	Liebherr LTM 1500-8.1	2016		
17	Liebherr LTM 1400-7.1		129000	
18	Liebherr LTM 1055-3.1	2005	28000	55
19	Liebherr LTM 1150-6.1	2009	50000	150
20	Liebherr LTM 1500-8.1	2009	150000	500
21	Liebherr LTM 1150	2003	32000	160
22	Liebherr LTM 1350-6.1	2013	148000	
23	Liebherr LTM 1055-3.1	2005	29000	55
24	Liebherr LTM 1060-5.1	2014	76000	160
25	Liebherr LTM 1050/1	1998	8700	50
26	Liebherr LTM 1750-9.1	2014	360000	160
27	Liebherr LTM 1100-5.1	2007	38500	59
28	Liebherr LTM 1070-4.2	2007	48000	100
29	Liebherr LTM 1060-5.1	2013	65000	70
30	Liebherr LTM 1130-5.1	2007	39500	130
31	Liebherr LTM 1200-5.1	2015	87000	
32	Liebherr LTM 1150-5.1	2009	46000	
33	Liebherr LTM 1200-5.1	2018	100000	200
34	Liebherr LTM 1350-6.1	2018	165000	350
35	Liebherr LTM 1300-6.2	2020	165000	300

Из табл. 1 видно, что стоимость крана зависит от года его изготовления, ввода его в эксплуатацию и его грузоподъемности.

Полученная зависимость (рис. 1) не поддается аппроксимации, так как ее величина  $R^2$  для различных функций имеет значения, не удовлетворяющие уровню обработки статистических данных:

- степенная, экспоненциальная – 0,6
- полиномиальная, логарифмическая и линейная – 0,29.



**Рисунок 1. Характер изменения цены на краны производства Liebherr в зависимости от года выпуска**

Проблема импортозамещения была обозначена в программных документах Правительства РФ еще в 2008 г. [3], а именно в четвертой среднесрочной стратегической цели «Разработка отечественных образцов компонентной базы машиностроения специализированных производств, а также материалов для их производств» в плане обеспечения развития производства компонентной базы в России, при поддержке и расширении локализации производств узлов и агрегатов».

По данным исследований [4] на 2020 год все производство строительной и дорожной техники в России, представляемое предприятиями крупного и среднего бизнеса (акционерные общества), было сосредоточено в 6 ключевых сегментах, в которых отечественные компании сохранили существенные компетенции:

- автокраны;
- автобетоносмесители;
- экскаваторы;
- бульдозеры;

- автогрейдеры;
- катки.

В частности, производство Liebherr имело свое представительство в России в Нижнем Новгороде (ООО «Liebherr-Нижний Новгород» со средней численностью 600 человек без проведения НИОКР. Все комплектующие (узлы и агрегаты) были импортными. Концерн имел 36 региональных представительств и более 30 дилеров.

Основные отечественные производители кранов представлены Ивановской маркой (КС-3571, КС-4571, КС-5571, КС-6574, КС-6577, КС-8973), ОАО «Галичский автокрановый завод» и Клинцовским крановым заводом (КС-3571, КС-5571, КС-5572, КС-6571).

Численность выпускаемой продукции другими предприятиями (ОАО «Газпром-кран» г. Камышин, ЗАО «БАКМ» г. Балашиха, ООО «ДОНЕКС» составляет 30% от общего объема выпускаемой продукции. Причем последние два предприятия свернули свое производство в 2018 г. До 2022 года доля импорта кранов достигла 82%, хотя в 2012 г. она составляла 16% [4].

### Динамика наполнения рынка России строительной и дорожной техникой

Динамика импорта дорожной и строительной техники по видам в процентном соотношении за 2007-2012 гг., показана на рис. 2. Следует отметить, что эта тенденция к 2022 г изменилась, хотя и незначительно, но в сторону увеличения.

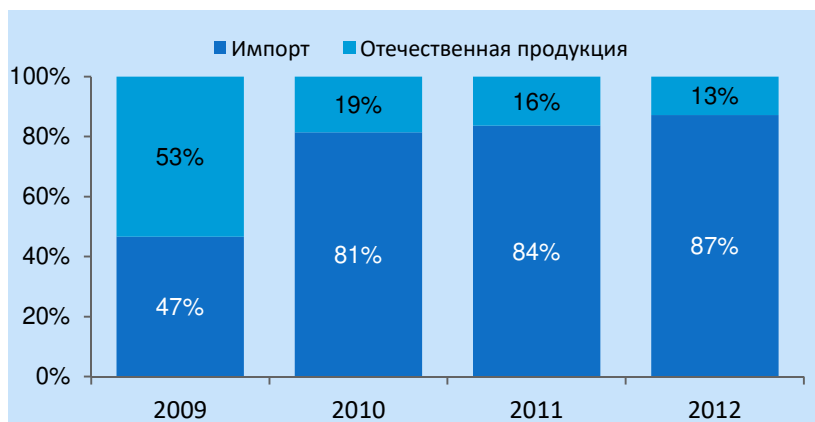


Рисунок 2. Динамика импорта дорожной и строительной техники по видам за 2007-2012 гг., % [13]

Для создания импортозамещающей продукции, либо усовершенствования имеющейся продукции зарубежного производства для любого предприятия с целью получения оптимального уровня прибыли и обеспечения эффективной работы, требуется формирование на предприятии специальных служб, которые должны:

- эффективно заниматься мониторингом за работой техники.
- будут разрабатывать свои ноу-хау и адаптировать ноу-хау конкурентов для своей продукции.

Одним словом, любому предприятию, нацеленному на производство конкурентоспособной продукции, необходимо создавать эффективные подразделения, которые будут качественно выполнять работы на всех, перечисленных ниже этапах жизненного цикла продукции.

Жизненный цикл продукции включает в себя производственные и постпроизводственные этапы, в том числе:

- 1) маркетинг и изучение рынка;
- 2) проектирование и разработка технических требований, разработка машины (НИОКР);
- 3) материально-техническое снабжение (МТС);
- 4) технологическая подготовка производства (ТПП) – подготовка и разработка производственных процессов (технологий производства, эксплуатации, ремонта и утилизации);
- 5) производство машины;
- 6) контроль, проведение испытаний;
- 7) упаковка и хранение;
- 8) реализация машин (сбыт);
- 9) монтаж и эксплуатация;
- 10) техническая помощь и обслуживание;
- 11) переработка (утилизация) в конце полезного срока службы.

Этим предприятиям особенно сложно обеспечивать свои внутренние потребности, которые порой в разы превышают затраты на производство.

Например, в области строительного-дорожного и прочей мобильной техники, гарантийное обслуживание требует от производителя развития сложной инфраструктуры, обеспечивающей грамотное проведение технической эксплуатации. Если затраты на производство условной машины принять за единицу, то затраты производителя на остальных этапах жизненного цикла составят примерно 4-6 единиц стоимости производства.

К сожалению, большинство российских предприятий, выпускающих сложную технику, не смогло при переходе на рыночные отношения наладить качественное выполнение работ на всех этапах ЖЦП. И не в состоянии этого сделать до настоящего времени.

Несоответствие уровня выполнения работ (на любом из этапов ЖЦП) требованиям и нормативам (государственным, международным) приводит к снижению уровня конкурентоспособности продукции до критического.

Большинство промышленных предприятий не в состоянии пока сформировать полноценную систему жизнеобеспечения по причинам:

- технической отсталости;
- технологической отсталости;
- интеллектуальной отсталости;
- отсутствия собственных средств на устранение этих причин.

### Результаты

Ниже приведем рекомендуемые требования, приемлемые для импортозамещенных стреловых самоходных кранов.

Технические требования.

- повышение многофункциональности (проходимость, управляемость, допустимые нагрузки на дорожное полотно, компактность, приспособленность к работе в стесненных условиях);
- применение новых конструкционных материалов в рабочем оборудовании и новых технических решений, в частности механизм телескопирования стрелы одним гидроцилиндром, изготовление кранов на специальном шасси;
- повышение средней производительности и грузоподъемности до 50-100%;
- контроль и диагностика грузовысотных характеристик и параметров автокранов в целом, компьютерная их обработка и визуализация;
- повышение (в среднем) коэффициента надежности технологического процесса до 0,99, коэффициента использования рабочего времени до 0,8-0,85 и выше, коэффициента готовности до 0,99;
- расширение применения оборудования, использующего системы GPS и Glonass, в том числе произведенного в России;
- соответствие конструктивных параметров лучшим мировым образцам однотипной техники.
- показатели надежности.
- повышение наработки на отказ до 200% и более;
- использование в конструкциях машин новых высокопрочных материалов и др.;
- повышение долговечности (в среднем) срока службы до 10-12 и более лет;



- снижение трудоемкости технического обслуживания и ремонта до 3 и более раз;
- увеличение гарантийного срока до 2-3 лет без ограничения использования ресурса двигателя и основных агрегатов как трансмиссия, гидравлика, редукторы.

Технологические требования.

- внедрение современных технологий, обеспечивающих выполнение всего комплекса работ в кратчайшие сроки, с обеспечением безопасности работы для техники и оборудования, обслуживающего персонала;
- контроль и диагностика параметров, компьютерная их обработка и визуализация;
- повышение (в среднем) коэффициента надежности технологического процесса до 0,99, коэффициента использования рабочего времени до 0,8-0,85 и выше, коэффициента готовности до 0,99;
- расширение применения оборудования, использующего системы автоматического управления типа Trimble Blade Pro 3D;
- проведение сертификационных испытаний и обязательной сертификации как самой техники, так и комплектующих изделий, агрегатов и запасных частей к ней на территории Российской Федерации;
- расширение применения технологий дистанционного управления и контроля за работой техники и её основных узлов, и агрегатов.

Экологические требования.

- исключение утечек и подтеканий топлива и других эксплуатационных материалов;
- снижение влияния машин на окружающую среду;
- обеспечение вредных выбросов в пределах, не превышающих предусмотренных норм действующих экологических стандартов и внешнего шума техники и оборудования;
- требования стандартов Tier 3 к используемым двигателям (начало использования дизельных двигателей, соответствующих нормам Tier 4);
- общий процент истирания металла рабочего оборудования за срок амортизации не должен превышать 10% от первоначальной массы;
- запыленность и вредные выбросы при работе техники должны соответствовать нормам среды на рабочем месте оператора техники, действующие на сегодняшний день в Европе и Северной Америке.

Эксперты отмечают устойчивый рост объемов производства тяжелых автокранов на спецшасси, а также рост грузоподъемности кранов, устанавливаемых на шасси грузовых автомобилей.

Половину отечественного современного производства составляют модели грузоподъемностью 20-25 т, тогда как 10 лет назад основу парка составляли автокраны грузоподъемностью 14-16 т.

### **Обсуждение/Заключение**

Основными тенденциями развития подъемно-транспортного машиностроения являются:

- создание качественно новых видов подъемно-транспортных машин и механизмов, а также широкая модернизация существующих машин и установок для обеспечения механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ во всех областях транспортного строительства;
- повышение грузоподъемности и надежности машин при одновременном значительном снижении их металлоемкости благодаря применению новых кинематических схем, более совершенных методов расчета, использованию рациональных облегченных профилей проката, новых материалов (легированные стали, легкие сплавы и пластмассы), а также прогрессивной технологии машиностроения (новые методы термообработки, нанесение упрочняющих покрытий и др.);
- увеличение производительности оборудования вследствие применения широкого регулирования скоростей механизмов, автоматического, полуавтоматического и дистанционного управления с использованием микропроцессорной и электронно-вычислительной техники, как для управления работой машин, так и для расчетов и проектирования; создание специальных захватных и других подъемных агрегатов, а также обеспечение комфортные условия труда крановщика.

### **Список литературы:**

1. Вершинский, А.В. Технологичность и несущая способность крановых металлоконструкций / А.В. Вершинский. – М.: Машиностроение, 1984. – 167 с.
2. Автокраны Liebherr в продаже. Режим доступа: [https://technokran.ru/1\\_autocranes\\_3\\_1.html](https://technokran.ru/1_autocranes_3_1.html), свободный – (дата обращения: 22.10.2023).
3. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 г. N 1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (вместе с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года».
4. Оценка СРО НП «Производители строительно-дорожной, коммунальной и наземной аэродромной техники» ФТС, International Trade Centre.

5. Григорьев, П.А. Анализ работы и способов обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах / П.А. Григорьев, В.В. Крылов, М.В. Горелова, Л.А. Сладкова // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы международной научной-технической конференции. – 2019. – С. 55-60.
6. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]// РОСТЕХНАДЗОР 2013-2021. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/index.php?sphrase\\_id=1656336](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=1656336), свободный – (дата обращения: 01.02.2021).
7. Катаев, В.А. Аварии грузоподъемных механизмов: причины и последствия / В.А. Катаев, А.П. Манаков, А.А. Глухов // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. – № 7 (104). – 2015. – С. 96-97.
8. Милованова, И.М. Основные причины и нарушения, которые привели к авариям и инцидентам при эксплуатации кранов // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. – № 8 (105). – 2015. – С. 22-25.
9. Причины возникновения аварий на подъемных устройствах [Электронный ресурс] // Единый Стандарт, 2020. – Режим доступа: <https://1cert.ru/stati/prichiny-vozniknoveniya-avariy-na-podemnykh-ustroystvakh>, свободный – (10.11.2020).
10. Скупов, Б. «Кранопад» на стройках страны усиливается. Кто виноват и что делать? // ТехНАДЗОР. – № 1 (110). – 2016. – С. 34-37.
11. Тюрин, Ю.Н. Причины возникновения аварий при эксплуатации подъемных сооружений / Ю.Н. Тюрин, Д.Е. Васильев, В.Д. Чугаев, С.Л. Масякин // Химическая техника. – №11. – 2015. – С. 28.
12. Сладкова, Л.А. Анализ научно-технической литературы о влиянии ветровой нагрузки на стреловые конструкции / Л.А. Сладкова, В.В. Крылов, М.В. Горелова // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 12. – С. 9-13.

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **РАЗДЕЛ 2.**

### **ФИЗИКА**

#### **2.1. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

#### **ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ САМООБРАЗОВАНИЯ В ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНЛАЙН-РЕСУРСОВ**

***Ешбаева Малика Максетбаевна***

*ассистент преподаватель,  
Нукусский государственный педагогический  
институт им. Ажинияза,  
Узбекистан, г. Нукус*

#### **EFFECTIVE METHODS OF SELF-EDUCATION IN PHYSICS USING ONLINE RESOURCES**

***Malika Yeshbaeva***

*Assistant teacher,  
Nukus State Pedagogical Institute  
named after Ajiniyaza,  
Uzbekistan, Nukus*

**Аннотация.** В работе рассматриваются современные подходы к изучению физики через цифровые платформы. В условиях цифровизации и широкого доступа к интернету онлайн-ресурсы играют важную роль в образовательном процессе, предоставляя интерактивные платформы,

видеолекции, виртуальные лаборатории и учебные материалы. Автор анализирует основные типы онлайн-ресурсов, такие как образовательные платформы (Khan Academy, Coursera, edX), YouTube-каналы (Veritasium, MinutePhysics, Physics Girl), виртуальные лаборатории (PhET Interactive Simulations) и мобильные приложения (Pocket Physics, Physics Toolbox). Основное внимание уделяется их особенностям, преимуществам и возможностям интеграции в процесс обучения. Особое внимание уделяется важности правильного выбора и оценки качества информации, а также самоорганизации и мотивации учащихся. Работа предназначена для школьников и учителей, стремящихся эффективно использовать онлайн-ресурсы для углубленного изучения физики.

**Abstract.** The paper examines modern approaches to studying physics through digital platforms. In the context of digitalization and widespread internet access, online resources play a significant role in the educational process by providing interactive platforms, video lectures, virtual laboratories, and educational materials. The author analyzes the main types of online resources, such as educational platforms (Khan Academy, Coursera, edX), YouTube channels (Veritasium, MinutePhysics, Physics Girl), virtual laboratories (PhET Interactive Simulations), and mobile applications (Pocket Physics, Physics Toolbox). The focus is on their features, advantages, and possibilities for integration into the learning process. Special attention is paid to the importance of proper selection and evaluation of information quality, as well as self-organization and student motivation. The paper is intended for students and teachers who aim to effectively use online resources for an in-depth study of physics.

**Ключевые слова:** онлайн-ресурсы, самообразование, физика, цифровые платформы, видеолекции, виртуальные лаборатории, интерактивные симуляции, мобильные приложения, образовательные платформы, YouTube-каналы, PhET Interactive Simulations, Khan Academy.

**Keywords:** online resources, self-education, physics, digital platforms, video lectures, virtual laboratories, interactive simulations, mobile applications, educational platforms, YouTube channels, PhET Interactive Simulations, Khan Academy.

Современные технологии предоставляют уникальные возможности для самообразования школьников. В эпоху цифровизации и широкого доступа к интернету, обучение физике стало доступнее и разнообразнее. Онлайн-ресурсы играют важную роль в процессе самообразования, предлагая интерактивные платформы, видеолекции, виртуальные лаборатории и учебные материалы. Эти ресурсы помогают ученикам не

только углубить свои знания, но и развить критическое мышление, аналитические способности и самостоятельность в обучении.

Физика, как одна из основных наук, требует глубокого понимания теоретических концепций и практических навыков. Онлайн-ресурсы позволяют школьникам изучать физику в удобное для них время и в своем темпе. Это особенно важно в условиях, когда традиционные методы обучения могут быть ограничены или недоступны. Благодаря онлайн-платформам, учащиеся могут получать доступ к качественным образовательным материалам вне зависимости от их географического положения [1-3].

Одной из ключевых преимуществ онлайн-ресурсов является их разнообразие и интерактивность. Учебные материалы представлены в виде текстов, видеоуроков, интерактивных симуляций и тестов, что позволяет удовлетворить разные стили обучения и предпочтения учеников. Например, видеолекции известных преподавателей и учёных могут помочь лучше понять сложные темы, а виртуальные лаборатории предоставляют возможность проводить эксперименты в безопасной и контролируемой среде.

Однако, наряду с преимуществами, существуют и неучеты, связанные с использованием онлайн-ресурсов. Важно уметь правильно выбирать и оценивать качество информации, чтобы избежать распространения недостоверных данных. Кроме того, самоорганизация и мотивация играют ключевую роль в успешном самообразовании. Без четкого плана и целеустремленности, использование онлайн-ресурсов может оказаться неэффективным.

Цель данной работы – рассмотреть основные онлайн-ресурсы по физике для самообразования школьников, их особенности и преимущества, а также предоставить примеры использования этих ресурсов в образовательном процессе. Мы проанализируем различные типы ресурсов, от образовательных платформ до YouTube-каналов и приложений, и обсудим, как они могут быть интегрированы в процесс обучения. Надеемся, что данная работа поможет школьникам, родителям и учителям выбрать наиболее подходящие инструменты для эффективного изучения физики.

Одним из самых популярных типов онлайн-ресурсов являются образовательные платформы, такие как Khan Academy, Coursera, и edX. Эти платформы предлагают курсы по физике, разработанные ведущими университетами и экспертами. Например, на Khan Academy можно найти курсы, охватывающие основные темы школьного курса физики: механика, термодинамика, электромагнетизм и квантовая физика.

Курсы включают видеолекции, практические задания и тесты для самопроверки [4].

Курс по механике на Khan Academy включает серию видеолекций, в которых подробно объясняются такие темы, как законы Ньютона, движение тел, энергия и работа. Видеолекции сопровождаются интерактивными упражнениями, которые помогают закрепить материал. Учащиеся могут выполнять задания в своем темпе и получать мгновенную обратную связь.

YouTube стал важным инструментом для самообразования, предоставляя доступ к огромному количеству образовательного контента. Каналы, такие как Veritasium, MinutePhysics и Physics Girl, предлагают увлекательные и информативные видео на различные темы по физике. Эти каналы используют анимации, эксперименты и объяснения сложных концепций простым языком, что делает изучение физики более доступным и интересным [5, 6].

На канале Veritasium, ведёмом физиком Дерекком Малером, можно найти видео, посвященные квантовой физике, теории относительности и другим сложным темам. Видео "Почему свет замедляется в стекле?" объясняет природу света и его взаимодействие с различными материалами, используя простые примеры и визуализации.

Виртуальные лаборатории предоставляют школьникам возможность проводить эксперименты и исследовать физические явления в безопасной и контролируемой среде. Такие ресурсы, как PhET Interactive Simulations и Virtual Physics Lab, предлагают интерактивные симуляции, которые позволяют учащимся экспериментировать с физическими процессами и наблюдать их результаты в реальном времени [7, 8].

На платформе PhET Interactive Simulations можно найти симуляцию "Маятник", где учащиеся могут изменять длину нити, массу маятника и угол отклонения, чтобы наблюдать влияние этих факторов на период колебаний. Такая интерактивная форма обучения помогает лучше понять теоретические концепции и применить их на практике.

Мобильные приложения становятся все более популярными среди школьников благодаря своей доступности и удобству использования. Приложения, такие как Pocket Physics и Physics Toolbox, предоставляют учебные материалы, интерактивные тесты и симуляции, которые помогают изучать физику в любое время и в любом месте.

Приложение Pocket Physics предлагает краткие и понятные объяснения основных понятий и законов физики, а также формулы и примеры задач. Это приложение можно использовать для повторения материала перед экзаменами или для быстрого освежения знаний.

Онлайн-курсы и вебинары, проводимые университетами и образовательными организациями, предлагают более структурированный подход к изучению физики. Эти курсы часто включают лекции, задания, обсуждения и экзамены, что помогает поддерживать дисциплину и мотивацию учащихся.

Курс "Introduction to Classical Mechanics" на платформе edX, разработанный Массачусетским технологическим институтом, охватывает основы классической механики и предлагает видеолекции, текстовые материалы и задания для самопроверки. Такой формат обучения позволяет глубже изучить предмет и получить сертификат по окончании курса.

Онлайн-ресурсы предоставляют школьникам уникальные возможности для самообразования и углубленного изучения физики. Разнообразие форматов и подходов позволяет выбрать наиболее подходящий инструмент для каждого ученика, учитывая его предпочтения и уровень подготовки. Образовательные платформы, видеоуроки, виртуальные лаборатории, мобильные приложения и онлайн-курсы предлагают интерактивные и доступные способы изучения сложных тем.

Однако, несмотря на все преимущества, важно помнить о необходимости критического подхода к выбору источников и самоорганизации в процессе обучения. Самостоятельное изучение требует дисциплины, мотивации и умения правильно расставлять приоритеты. Родители и учителя могут играть важную роль в поддержке и направлении учащихся, помогая им выбрать качественные и надежные ресурсы.

Использование онлайн-ресурсов может значительно повысить интерес школьников к физике и помочь им достичь высоких результатов в обучении. Важно продолжать развивать и совершенствовать эти инструменты, чтобы они могли максимально эффективно поддерживать образовательный процесс. В заключение, можно сказать, что онлайн-ресурсы по физике открывают новые горизонты для самообразования, делая обучение более доступным, увлекательным и результативным.

### **Список литературы:**

1. Г.М. Киселев, Р.В. Бочкова Информационные технологии в педагогическом образовании: учебник. 2-е изд. М.: Дашков и К, 2014. 304 с.
2. Т.Ю. Герасимова, В.П. Леонова. Электронный образовательный ресурс как средство обучения физике// Кронос, 2020, №7 (44), стр. 34-38.
3. А.А. Касимова, З.А. Ахмедова, А.К. Касимов. Использование электронных образовательных ресурсов в школьном курсе физики// Мир науки, культуры, образования, 2016, №1 (56), стр. 85-87.



4. О.П. Пуртова Повышение мотивации с помощью рабочих программ на уроках физики //Образование и педагогические науки в ххi веке: Актуальные вопросы, достижения и инновации. 2019, стр. 18-20.
5. Я.А. Хайруллина Использование ресурсов YouTube в организации изучения темы «Геометрическая оптика» курса физики //Инновационная наука, 2016, №12-3, стр. 106-109.
6. Д.А. Клоков Развитие познавательного интереса к изучению физики: из опыта работы //Региональное образование: современные тенденции. 2016, №3, стр. 122-125.
7. О.В. Лешкова, К.А. Лунёв. Использование виртуальных лабораторий для изучения естественных наук //Инновационная наука. 2023, № 5-2, стр. 41-44.
8. В.А. Гурьянов, К.А. Садрисламова. Развитие учебных материалов в сфере физики для повышения интереса учащихся // Научный редактор. 2024, стр. 17.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

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

№ 9 (77)  
Сентябрь 2024 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 05.09.24. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 2,125. Тираж 550 экз.

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

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

16+



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
[nauchforum.ru](http://nauchforum.ru)