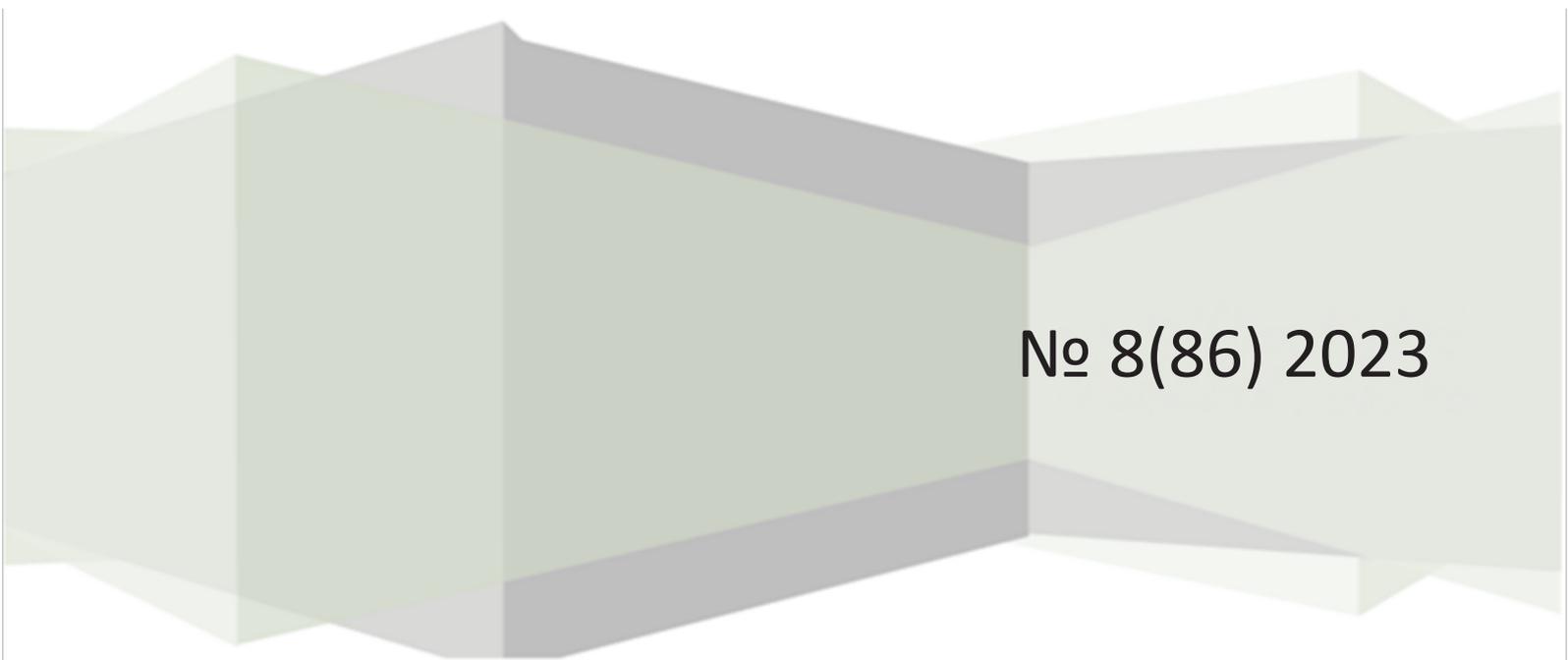


ISSN 1997-9347

# Components of Scientific and Technological Progress

*SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL*



№ 8(86) 2023

Paphos, Cyprus, 2023

Journal "Components  
of Scientific and Technological  
Progress"  
is published 12 times a year

**Founder**  
Development Fund for Science  
and Culture  
Scientific news of Cyprus LTD

The journal "Components of Scientific  
and Technological Progress" is included  
in the list of HAC leading peer-reviewed  
scientific journals and publications  
in which the main scientific results  
of the dissertation for the degree  
of doctor and candidate of sciences  
should be published

**Chief editor**  
Vyacheslav Tyutyunnik

**Page planner:**  
Marina Karina

**Copy editor:**  
Natalia Gunina

**Director of public relations:**  
Ellada Karakasidou

**Postal address:**  
**1. In Cyprus:**  
8046 Atalanta court, 302  
Paphos, Cyprus  
**2. In Russia:**  
13 Shpalernaya St,  
St. Petersburg, Russia

**Contact phone:**  
(+357)99-740-463  
8(915)678-88-44

**E-mail:**  
tmbprint@mail.ru

Subscription index of Agency  
"Rospechat" No 70728  
for periodicals.

Information about published  
articles is regularly provided to  
**Russian Science Citation Index**  
(Contract No 124-04/2011R).

**Website:**  
<http://moofrnk.com/>

Editorial opinion may be different  
from the views of the authors.  
Please, request the editors'  
permission to reproduce  
the content published in the journal.

## ADVISORY COUNCIL

**Tyutyunnik Vyacheslav Mikhailovich** – Doctor of Technical  
Sciences, Candidate of Chemical Sciences, Professor, Director of  
Tambov branch of Moscow State University of Culture and Arts,  
President of the International Information Center for Nobel Prize,  
Academy of Natural Sciences, tel.: 8(4752)504600,  
E-mail: vmt@tmb.ru, Tambov (Russia)

**Bednarzhevsky Sergey Stanislavovich** – Doctor of Technical  
Sciences, Professor, Head of Department of Safety, Surgut State  
University, laureate of State Prize in Science and Technology,  
Academy of Natural Sciences and the International Energy Academy,  
tel.: 8(3462)762812, E-mail: sbed@mail.ru, Russia

**Voronkova Olga Vasilyevna** – Doctor of Economics, Professor,  
Academy of the Academy of Natural Sciences, tel.: 8(981)9720993,  
E-mail: voronkova@tambov-konfcentr.ru, St. Petersburg (Russia)

**Omar Larouk** – PhD, Associate Professor, National School  
of Information Science and Libraries University of Lyon,  
tel.: +0472444374, E-mail: omar.larouk@enssib.fr, Lyon (France)

**Wu Songjie** – PhD in Economics, Shandong Normal University,  
tel.: +86(130)21696101; E-mail: qdwucong@hotmail.com,  
Shandong (China)

**Du Kun** – PhD in Economics, Associate Professor, Department of  
Management and Agriculture, Institute of Cooperation of Qingdao  
Agrarian University, tel.: 8(960)6671587,  
E-mail: tambovdu@hotmail.com, Qingdao (China)

**Andreas Kyriakos Georgiou** – Lecturer in Accounting, Department of  
Business, Accounting & Finance, Frederick University,  
tel.: (00357) 99459477 E-mail: bus.akg@frederick.ac.cy, Limassol  
(Cyprus)

**Petia Tanova** – Associate Professor in Economics, Vice-Dean of  
School of Business and Law, Frederick University,  
tel.: (00357)96490221, E-mail: ptanova@gmail.com, Limassol  
(Cyprus)

**Sanjay Yadav** – Doctor of Philology, Doctor of Political Sciences,  
Head of Department of English, Chairman St. Palus College Science,  
tel.: 8(964)1304135, Patna, Bihar (India)

**Levanova Elena Alexandrovna** – Doctor of Education, Professor,  
Department of Social Pedagogy and Psychology, Dean of the Faculty  
of retraining for Applied Psychology, Dean of the Faculty of Pedagogy

and Psychology of the Moscow Social and Pedagogical Institute; tel.: 8(495)6074186, 8(495)6074513; E-mail: dekanmospi@mail.ru, Moscow (Russia)

**Petrenko Sergey Vladimirovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Mathematical Methods in Economics, Lipetsk State Pedagogical University, tel.: 8(4742)328436, 8(4742)221983, E-mail: viola@lipetsk.ru, viola349650@yandex.ru, Lipetsk (Russia)

**Tarando Elena Evgenievna** – Doctor of Economics, Professor of the Department of Economic Sociology, St. Petersburg State University, tel.: 8(812)2749706, E-mail: elena.tarando@mail.ru, St. Petersburg (Russia)

**Veress József** – PhD, Researcher in Information Systems Department, Business School of Corvinus University, tel.: 36 303206350, 36 1 482 742; E-mail: jozsef.veress@uni-corvinus.hu, Budapest (Hungary)

**Kochetkova Alexandra Igorevna** – Doctor of Philosophy and Cultural Studies (degree in organizational development and organizational behavior), PhD, Professor, Department of General and Strategic Management Institute of Business Administration of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, E-mail: dak6966@gmail.com, Moscow (Russia)

**Bolshakov Sergey Nikolaevich** – Doctor of Political Sciences, Doctor of Economics, Vice-Rector for Academic Affairs, Professor, Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin, tel.: 8(921)6334832, E-mail: snbolshakov@mail.ru, Syktyvkar (Russia)

**Gocłowska-Bolek Joanna** – Center for Political Analysis, University of Warsaw, tel. 48691445777, E-mail: j.gocłowska-bolek@uw.edu.pl, Warsaw (Poland)

**Karakasidou Ellada** – A&G, Kotanides LTD, Logistic, tel.: +99346270, E-mail: espavoellada9@gmail.com, Paphos (Cyprus)

**Artyukh Angelika Alexandrovna** – Doctor of Art History, Professor of the Department of Dramatic and Cinema Studies, St. Petersburg State University of Cinema and Television; tel.: +7(911)9250031; E-mail: s-melnikova@list.ru, St. Petersburg (Russia)

**Melnikova Svetlana Ivanovna** – Doctor of Art History, Professor, Head of the Department of Dramatic Art and Cinema Studies at the Screen Arts Institute of St. Petersburg State University of Cinema and Television; tel.: +7(911)9250031; E-mail: s-melnikova@list.ru, St. Petersburg (Russia)

**Marijan Cingula** – Tenured Professor, University of Zagreb, Faculty of Economics and Business, tel.: +385(95)1998925, E-mail: mcingula@efzg.hr, Zagreb (Croatia)

**Pukharenko Yury Vladimirovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials Technology and Metrology at St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; tel.: +7(921)3245908; E-mail: tsik@spbgasu.ru, St. Petersburg (Russia)

**Przygoda Mirosław** – Dr. hab., Head of Institute of Economic Analysis and Planning, Department of Management, University of Warsaw, tel.: 225534167, E-mail: mirosławprzygoda@wp.pl, Warsaw (Poland)

**Recker Nicholas** – PhD, Associate Professor, Metropolitan State University of Denver, tel.: 3035563167, E-mail: nrecker@msudenver.edu, Denver (USA)

## Содержание

### *Строительные конструкции, здания и сооружения*

**Аль-Брис Р.Х.К., Абу Махади М.И., Аль-Хчаими М.Ж.Ж., Фадль М.Р.Ф.** Влияние методов усиления на сопротивление кручению железобетонных балок: обзор ..... 8

### *Строительные материалы и изделия*

**Аубакирова И.А., Пухаренко Ю.В.** Фибропенобетон для тепловой изоляции трубопроводов бесканальной прокладки ..... 26

### *Технология и организация строительства*

**Albegov G.E., Abramov I.L.** Domestic and Foreign Experience of Applying Methods of Calendar Planning in the Process of Construction of Buildings ..... 38

### *Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды*

**Туманов А.Ю.** Математическая модель оценки основной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения дозиметрическими приборами ..... 43

**Тынченко В.С., Курашкин С.О., Семенкин Е.С.** Программная реализация интеллектуальной системы распознавания дефектов изделий при индукционной пайке ..... 47

**Тынченко В.С., Курашкин С.О., Семенкин Е.С., Шуткина Е.В.** Программная систе-

ма принятия технологических решений при электронно-лучевой сварке ..... 53

### **Финансы**

**Воронкова О.В.** Макроэкономический подход к проблеме трудовых ресурсов ..... 58

### **Мировая экономика**

**Киреев В.Ю.** Основные аспекты проблемы управления экологическими рисками в условиях значительных темпов роста нефтехимической промышленности США .... 63

**Насер Мухаммед Хусейн Насер** Экономические критерии, которые необходимо учитывать при планировании промышленных кластеров в Ираке ..... 71

### **Менеджмент**

**Горбатов Д.А., Новоженин К.А.** Основные факторы конкурентоспособности предприятия и методы их усиления..... 78

**Дегтярева К.В., Долгова Т.Г., Соловьева Т.В.** Управление сбором и передачей данных в рамках АИС для автотранспортной инфраструктуры..... 84

**Орлов В.А., Юрковская Г.И., Багаева А.П.** Внедрение средств автоматизации технологических процессов предприятия ..... 90

**Синюк Т.Ю., Барнагян В.С.** Особенности региональных инноваций ..... 95

## Contents

### *Civil Structures, Buildings and Related Structures*

<b>Al-Brees R.H.K., Abu Mahadi M.I., Al-Hchaimi M.J.J., Fadhi M.R.F.</b> The Influence of Reinforcement Methods on Torsional Resistance of Reinforced Concrete Beams: A Review .....	8
--	---

### *Building Materials and Products*

<b>Aubakirova I.U., Pukharenko Yu.V.</b> Fibrofoam Concrete for Thermal Insulation for Channeless Pipelines .....	246
---	-----

### *Construction Technology and Management*

<b>Albegov G.E., Abramov I.L.</b> Domestic and Foreign Experience of Applying Methods of Calendar Planning in the Process of Construction of Buildings .....	38
--	----

### *Methods and Devices for Monitoring and Diagnosing Materials, Products,*

### *Substances and the Natural Environment*

<b>Tumanov A.Yu.</b> A Mathematical Model for Estimating the Basic Error When Measuring the Power of the Ambient Equivalent of the Photon Radiation Dose by Dosimetric Devices .....	43
<b>Tynchenko V.S., Kurashkin S.O., Semenkin E.S.</b> Software Implementation of Intelligent	

Product Defect Detection System for Induction Brazing ..... 47

**Tynchenko V.S., Kurashkin S.O., Semekin E.S., Shutkina E.V.** Software System for Making Technological Decisions through Electron Beam Welding ..... 53

### ***Finance***

**Voronkova O.V.** Macroeconomic Approach to the Problem of Labor Resources ..... 58

### ***World Economy***

**Kireev V.Yu.** Main Aspects of the Problem of Environmental Risk Management in the Context of Significant Growth Rates of the US Petrochemical Industry ..... 63

**Nasser Muhammad Hussein Nasser** Economic Criteria to Consider When Planning Industrial Clusters in Iraq ..... 71

### ***Management***

**Gorbatov D.A., Novozhenin K.A.** Main Factors of Competitiveness of the Enterprise and Methods of their Strengthening ..... 78

**Degtyareva K.V., Dolgova T.G., Soloviova T.V.** Management of data collection and transmission within the framework of AIS for road transport infrastructure ..... 84

**Orlov V.A., Yurkovskaya G.I., Bagaeva A.P.** Implementation of the Automation System for Company Technological Processes ..... 90

**Sinyuk T.Yu., Barnagyan V.S.** Peculiarities of Regional Innovations ..... 95

УДК 624.012.45

## Влияние методов усиления на сопротивление кручению железобетонных балок: обзор

Р.Х.К. Аль-Брис, М.И. Абу Махади, М.Ж.Ж. Аль-Хчаими,  
М.Р.Ф. Фадль

*ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** композитные материалы; кручение; метод монтажа вблизи поверхности; повышение прочности; усиление железобетонных балок.

**Аннотация.** Цель статьи – обобщить различные методы армирования железобетонных балок композитными материалами для предотвращения их структурного разрушения, связанного с сильным кручением. Задачи исследования: изучить основные причины ухудшения состояния железобетонных конструкций и факторы, влияющие на поведение армированных конструкций, определить методы восстановления и усиления бетонных конструкций и выявить роли композитов, армированных волокнами в повышении структурной прочности железобетонных балок. Методы исследования: анализ литературы о методах усиления на сопротивление кручению железобетонных балок. Достигнутые результаты: армированием является операция, которая заключается в повышении прочности конструкции, что позволяет использовать ее в более жестких условиях и обеспечивает защиту от большего диапазона различных внешних воздействий. Существует два метода армирования композитными материалами: система с отверждением или метод армирования, используемый для размещения композитных материалов на поверхности бетона, и метод монтажа вблизи поверхности. Значительно улучшать механические свойства и устойчивость к кручению железобетонных балок способны композитные синтетические волокнистые материалы, такие как стекловолокно, углеволокно, а также стальное, полипропиленовое и арамидное волокна, благодаря чему они используются в самых разных областях промышленности. На прочность бетона, армированного данными материалами, влияют состав, размер, объем, жесткость,

соотношение сторон волокон. Кроме того, синтетические волокна могут быть легко адаптированы к любому участку конструкции за счет небольшого веса, высокой прочности на разрыв, устойчивости к коррозии и простоты крепления. Однако для количественной оценки параметров влияния композитных волокнистых материалов на прочность и устойчивость к кручению железобетонных балок необходимы дальнейшие исследования.

### Введение

Бетон давно используется в качестве строительного материала, поскольку он обладает весомыми преимуществами по сравнению с другими материалами. Среди них: повышенная прочность на сжатие, простота использования и возможность изготовления конструктивных элементов различной формы на месте.

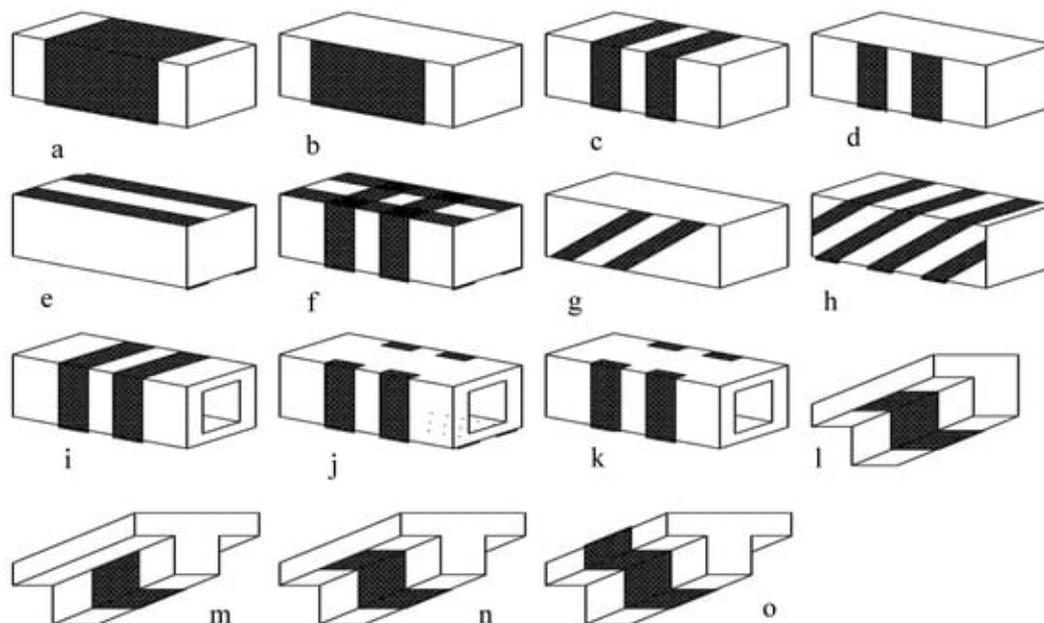
Хотя напряжения при кручении возникают во многих постройках из железобетонных материалов, до 1960-х гг. торсионные нагрузки не учитывались при расчетах инженерами-проектировщиками. Предполагалось, что подобные воздействия незначительны и компенсируются прочими коэффициентами безопасности при расчетах нагрузки на конструкцию. Однако следствием данных представлений стало появление множества аварий, связанных с чрезмерным напряжением бетонных материалов при кручении [1]. Более того, в последние годы появляется все больше сообщений о разрушениях сооружений из бетона по данной причине.

Среди других причин разрушения бетонных конструкций можно выделить следующие: 1) ошибки проектирования; 2) ошибки структурного моделирования; 3) неправильная экстраполяция; 4) неправильная оценка критических направлений сил [2]. Кроме того, разрушение может произойти из-за старения и отсутствия технического обслуживания. Однако разрушение материала из-за сильного кручения сложно предвидеть и предотвратить, так как оно зачастую происходит внезапно. В этом заключается особенность и опасность влияния торсионной нагрузки.

В последние годы для защиты построек из железобетонных материалов от разрушения по различным причинам, в том числе от нагрузки при кручении, широко применяют метод армирования. Армирование – это операция, которая заключается в повышении несущей способности и уменьшении деформируемости конструкции, что позволяет использовать ее в условиях, не предусмотренных изначально, или обеспечивает ей достаточную защиту от воздействий, которые не были учтены в расчетах. Армирование обычно осуществляется путем усиления несущих элементов конструкции различными способами, которое позволяет ей противостоять многочисленным действующим нагрузкам в течение всего срока службы. При этом первостепенное значение имеет выбор материала, используемого для усиления, так как он напрямую влияет на новые характеристики конструкции.

В настоящее время активно изучается применение композитных синтетических волокон в качестве перспективного армирующего материала для железобетонных балок. Основные способы такого армирования указаны на рис. 1 [3].

В 2018 г. *Kanekar u Talikoti* исследовали кручение железобетонных балок, усиленных



**Рис. 1.** Схемы усиления на кручение с использованием полимера, армированного волокнами: а) круговая лента для прямоугольной балки; б) U-образная лента для прямоугольной балки; в) угловая лента для прямоугольной балки; г) U-образные ленты для прямоугольной балки; е) продольные ленты для прямоугольной балки; ф) угловые и продольные ленты для прямоугольной балки; г) косые ленты с одной стороны для прямоугольной балки; h) косые спиральные ленты вокруг балки; и) угловые ленты для балки коробчатого сечения; j) U-образные ленты и продольные ленты для коробчатой балки; k) U-образные ленты для коробчатой балки; l) расширенная цельная U-образная лента для распорной балки (с несколькими ориентациями FRP); m) цельная U-образная лента для тавровой балки; n) расширенная цельная U-образная лента для тавровой балки; o) цельная лента для тавровой балки [3]

полосами арамидного волокна [4]. Был изготовлен 21 образец железобетонных балок, которые армировали полосами из арамидного волокна шириной 15 см с пятью различными вариантами расстояния друг от друга – от 100 до 200 см, и испытан на чистое кручение. Было замечено, что прочность при кручении у испытанных балок значительно увеличилась по сравнению с контрольными образцами. Кроме того, для усиленных образцов балок было увеличено значение начального момента растрескивания.

В докладе *Amin* и *Bentz* (2018 г.) указано, что усиление образцов бетонных балок прутами из синтетических волокон диаметром 8 мм и 10 мм привело к увеличению их прочности при кручении на 34 % и 40 % соответственно [5]. Это положительно повлияло на режим разрушения балок, особенно тех, которые были усилены двойной арматурой диаметром 8 мм. Кроме того, было замечено, что большое влияние на сопротивление кручению у усиленных таким образом бетонных конструкций оказывает ориентация волокон армирующего материала [6].

### Основные причины ухудшения состояния железобетонных конструкций

Таблица 1. Методы ремонта и армирования [7]

Методы	Характеристики	Преимущества	Недостатки
Армирование бетонной облицовкой	Армирование облицовкой можно рассматривать как покрытие первичного слоя железобетона вторичным. Новый слой соединяется с уже имеющимся и повышает прочность конструкции за счет увеличения площади поперечного сечения бетона	Низкая стоимость благодаря использованию доступных материалов. Кроме того, этот метод не требует привлечения узких специалистов	Увеличение размера конструкции одновременно увеличивает и ее вес, что усложняет ее использование и негативно сказывается на внешнем виде. Кроме того, данный процесс достаточно длителен и сложен в реализации
Армирование торкрет-бетоном	Торкрет-бетон представляет собой смесь из цементных заполнителей, воды и различных добавок. Бетонная смесь распыляется на армируемую поверхность под давлением сжатого воздуха. Эта техника выполняется двумя способами – сухим или влажным. С помощью торкрет-бетона проводят ремонт железобетонных конструкций. В зависимости от типа повреждения можно выделить два типа ремонта: 1) поверхностный ремонт (ремонт бетонной стены с небольшими расслоениями); 2) глубокий ремонт (армирование конструкций путем установки новой арматуры)	Частицы торкрет-бетонной смеси имеют высокие показатели адгезии по отношению к поверхности железобетонных конструкций, заполняя в них мельчайшие поры и трещины. Также данный метод достаточно экономичен	Сложность реализации. Необходимость в соответствующем оборудовании. Вопросы здоровья и безопасности сотрудников
Армирование стальными вкладышами	Используется для армирования круглых и прямоугольных колонн с целью повышения их устойчивости к дополнительным нагрузкам или повреждениям в результате аварий, землетрясений и т.д.	Скорость исполнения. Высокая прочность усиленных элементов. Незначительное увеличение поперечного сечения по сравнению с армированием бетоном	Менее экономичен, чем бетонная облицовка. Необходимость сварки как дополнительной операции. Конструкция требует специального ухода для предотвращения коррозии
Армирование клееными листами	В данном методе применяется специальный клей на основе эпоксидной смолы, особенность которого заключается в высоких показателях адгезии к армируемой бетонной поверхности	Гибкость листа обеспечивает удобство проведения процедуры армирования. Данный вид арматуры занимает малый объем	Требуется техническое обслуживание для предотвращения коррозии. Армируемая поверхность должна быть достаточно ровной и иметь специальную подготовку, чтобы обеспечить равномерное нанесение слоя клея. Чтобы избежать образования воздушных пузырей, склеивание поверхностей необходимо проводить под давлением

Армирование волокнистыми полимерными композитами	Композитные материалы изначально были разработаны для аэрокосмической и авиационной промышленности. Только после этого в строительной индустрии появились композитные материалы	Гибкость данных композитных материалов обеспечивает возможность адаптации к различным армируемым формам и удобство применения. Отсутствие коррозии. Устойчивость к износу. Высокая прочность, особенно при растяжении. Низкая плотность	Высокая анизотропия. Вероятность разрыва. Высокая стоимость по сравнению со сталью
--	---	---	--

Разрушение железобетонной конструкции происходит вследствие истощения запаса прочности, необходимого для обеспечения ее надлежащего функционирования. К основным причинам данного процесса можно отнести следующее [12–15].

1. Повышенные нагрузки на конструкцию:

- изменение характера использования строения (например, приспособление жилого помещения под школу);
- увеличение эксплуатационных нагрузок (например, чрезмерное заполнение автопарка автомобилями).

2. Реконструкция строения:

- ошибки в проектировании или исполнении проекта;
- проектирование с использованием устаревших методов расчета;
- удаление несущего элемента;
- низкое качество строительных материалов.

3. Факторы окружающей среды, приводящие к разрушению бетона:

- химическое воздействие (кислотные дожди, промышленные выбросы и др.);
- воздействие физических факторов (критически низкие и высокие температуры, чрезмерно высокий или низкий уровень влажности и др.).

4. Чрезвычайные ситуации:

- землетрясение;
- взрыв;
- пожар.

Среди всех указанных причин стоит выделить условия окружающей среды в месте расположения конструкций из бетона и стали. Они оказывают значительное влияние на механические свойства таких сооружений и часто становятся глубинной причиной их разрушения [7].

Методы восстановления и усиления бетонных конструкций следующие. Армирование железобетонных конструкций направлено на улучшение их механических характеристик, что позволяет им эффективнее выдерживать различные напряжения и деформации, возникающие при эксплуатации [7; 16]. Армирование заключается в воздействии на определенные участки конструкции, которое зачастую сводится к облицовке различными материалами, в том числе композитными [8]. Варианты армирования с помощью некоторых



**Рис. 2.** Различные волокна: а) стальные волокна; б) полипропиленовые волокна; в) стеклянные волокна; г) углеродные волокна [6]

материалов представлены в табл. 1.

### **Повышение структурной прочности железобетонных балок с помощью композитов, армированных волокнами**

Волокна можно разделить на два типа – натуральные и синтетические (табл. 2). Натуральные волокна имеют природное происхождение и выделяются из растительных, животных и минеральных источников, в то время как синтетические волокна изготавливают химическим путем в основном из продуктов нефтепереработки [9].

Натуральные волокна, изготовленные из продуктов животного происхождения, неприменимы в строительстве, в то время как использование растительных волокон возможно, но только после определенной химической обработки [6; 10]. Однако наиболее подходящими и часто используемыми волокнами в инженерных конструкциях являются синтетические волокна благодаря их улучшенным механическим свойствам. Эти синтетические волокна обычно имеют более высокую прочность на разрыв и повышенный модуль упругости по сравнению с натуральными волокнами, что делает их предпочтительными для использования в конструкциях (табл. 2) [6; 10]. Они снижают внутреннюю пористость бетонных конструкций за счет уменьшения воздушных и водных пустот, что увеличивает

Таблица 2. Типы волокон и их механические свойства [8]

Тип волокна	Материал	Плотность (г/см <sup>3</sup> )	Прочность на разрыв (МПа)	Модуль упругости (ГПа)	Деформационная способность (%)
Натуральные волокна	Джут	1,23	187–773	13–31	2,5
	Лен	1,38	343–1 035	27–6	1,2–3,3
	Бамбук	0,6–1,1	140–230	11–17	3,8–5,8
	Хлопок	1,6	220–840	4,5–12,6	2–10
	Сизаль	1,5	80–855	9–38	9–38
	Кокосовое волокно (из околоплодника)	1,2	160–250	3–6	30
Синтетические волокна	Углерод	1,4	1 100–4 000	150–235	1,4–1,8
	Стекло	2,6	120–790	30–40	2,5
	Бор	2,48–2,82	500–2 100	450	3,7
	Керамика	2,7–3,88	1 967–2 930	150–373	–
	Арамид	1,44	1 412–2 097	98–102,2	–

долговечность бетона. Кроме того, волокнистые композиты обычно имеют более высокое отношение прочности к весу, чем такие строительные материалы, как сталь, и превосходную коррозионную стойкость. Эти материалы изначально были разработаны для аэрокосмической и оборонной промышленности. Именно растущий спрос на эффективные и долговечные строительные материалы приводит к более широкому использованию этих улучшенных композитных материалов в гражданском строительстве [8].

Термины «композит, армированный волокном», «улучшенный композит» или «полимер, армированный волокном» обычно используются для обозначения синтетических волокнистых материалов, таких как стекловолокно, углеродное волокно, арамидное волокно, внедренное в матрицу (эпоксидная или винилэфирная смола), стальное волокно, полипропиленовое волокно (рис. 2).

Добавление волокон в бетонную массу приводит к созданию фибробетона – композитного материала. Волокна могут быть различной формы (прямые, крючковатые, скрученные, дуоформные, лопастные, с расширенными и неровными концами), сечения (круглые, прямоугольные и неровные) и материала (сталь, стекло или композитные материалы). При их равномерном распределении в различных пропорциях в бетонной смеси улучшаются свойства материала.

Композитные материалы делятся на три категории (рис. 3):

- полимер, армированный стекловолокном;
- полимер, армированный углеродным волокном;
- полимер, армированный арамидными волокнами.

Методы усиления на сопротивление кручению железобетонных балок с использованием композитных материалов. Выбор методов и материалов для ремонта бетонных конструкций определяется характером и степенью повреждений с учетом экономии строительных материалов. Принцип ремонта или усиления железобетонных балок заключается

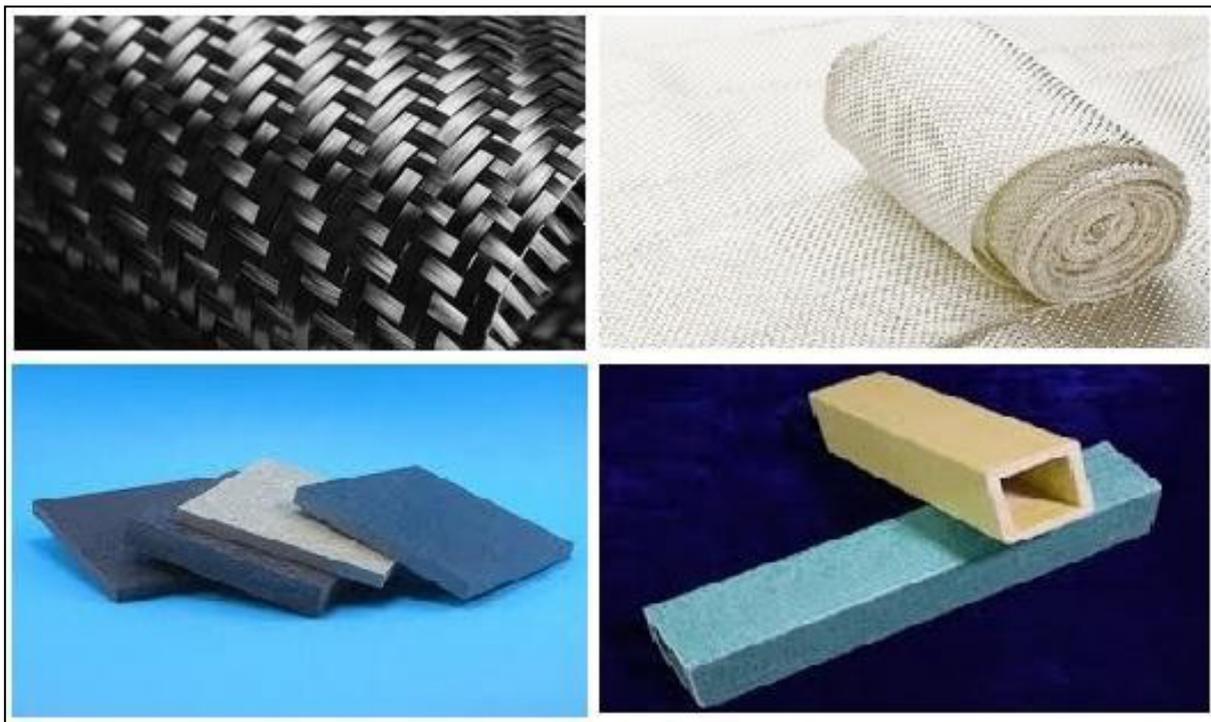


Рис. 3. Полимерные композиты, армированные волокном [6]

в добавлении материала на участке, который подвергается чрезмерному напряжению при эксплуатации. Обычно оно возникает, когда приложенные силы превышают те, которые были учтены в расчетах (проблема усиления), или если сопротивление нагрузке уменьшилось в результате деградации материала [7].

С начала 1990-х гг. интерес к использованию композитных материалов в железобетонных конструкциях значительно возрос. Сегодня в мире насчитываются сотни находящихся в эксплуатации конструкций, которые ремонтируются или укрепляются с помощью композитных материалов. Существует два метода проведения композитного усиления [11].

1. Метод внешнего армирования, при котором армирующие материалы наносятся снаружи бетонной поверхности. Они могут быть нанесены поверх связующей смолы, уже нанесенной на бетонную поверхность, с последующим закреплением герметизирующим слоем. Либо могут быть предварительно пропитаны смолой с помощью специального оборудования, а затем уложены до отверждения на бетонную поверхность.

2. Метод поверхностного монтажа, при котором армирующие материалы встраиваются в бетонное покрытие в предварительно вырезанные пазы.

Усиление железобетонных балок, подверженных сильному кручению, является областью постоянных исследований. Кроме того, полимер, армированный волокнами, является наиболее популярным укрепляющим материалом благодаря своим превосходным свойствам. Обзор *Awoyera et al. (2022)* показал, что состав смеси, ориентация и объем волокон, размер крупных частиц, соотношение сторон и жесткость волокон влияют на прочность и на устойчивость при кручении бетона, армированного волокнами [6].

В исследованиях *Abdullah et al. (2022)* было установлено, что прочность на сжатие у бетона, армированного стальным фиброволокном, увеличилась примерно на 25 % по

Таблица 3. Механические характеристики разработанных бетонных смесей [12]

Бетонная смесь	Тип волокна	Прочность на сжатие (МПа)	Прочность на разрыв (МПа)	Модуль разрыва (МПа)
Смесь 1	Контроль (без волокон)	35,7	4,18	3,21
Смесь 2	Прямая стальная фибра 12 мм	44,1	6,27	4,63
Смесь 3	Крючковатая стальная фибра 30 мм	43	8,12	5,32
Смесь 4	Гофрированная стальная фибра 30 мм	45,4	8,95	6,24
Смесь 5	Полиолефиновое волокно 60 мм	41,3	16,8	4,73

сравнению с контрольным образцом, а у бетона, армированного полиолефиновым волокном, – на 16 % соответственно. Армирование стальным волокном обеспечило бетону увеличенную по сравнению с полиолефиновым волокном прочность на сжатие благодаря более высокому сродству этого материала к бетону и способности создавать с ним более крепкие связи. Также отмечается, что модуль разрыва бетона, усиленного стальным волокном, был значительно улучшен по сравнению с контролем. Коэффициент увеличения составил приблизительно 114 %, 94 %, 50 % и 47 % для гофрированного стального волокна, стального волокна с крючковатым концом, прямого стального волокна и полиолефинового волокна соответственно. Такое весомое увеличение значений модуля разрыва при использовании стальных волокон может быть обусловлено высокой прочностью связи между волокном и бетонной матрицей, которая обеспечивает повышение устойчивости бетона на изгиб. Кроме того, армирование стальными волокнами увеличило прочность бетона при растяжении и при раскалывании, что произошло, вероятно, за счет образования между волокнами и матрицей особо прочной связи. Прочность бетона на разрыв при растяжении увеличилась на 94 % при использовании гофрированных стальных волокон и на 44 % при использовании прямых стальных волокон по сравнению с контрольным образцом. Присутствие всех типов волокон значительно улучшало прочность на разрыв и модуль разрыва бетонных смесей, достигая в некоторых случаях 100 %, в то время как улучшение прочности на сжатие достигало только 27 % (табл. 3). На основе этих результатов можно сделать вывод о том, что армированный стальными волокнами бетон является отличным материалом для конструктивных элементов, подверженных сильным сдвигам или кручению [12].

Кроме того, первый момент растрескивания для балок из прямой стали, крючковатой стали, гофрированной стали и полиолефиновых волокон увеличился примерно до 25,7 %, 42,5 %, 50,3 % и 31,7 % для сплошных балок и до 112,2 %, 132,3 %, 131,8 % и 101,1 % для полых балок по сравнению с моментами растрескивания контрольных образцов. Увеличение устойчивости к растрескиванию при кручении образцов, армированных указанными видами волокон, сопровождалось значительным повышением их жесткости, которая достигла приблизительно 67 % для сплошных балок и 143 % для полых балок. Увеличение момента растрескивания и жесткости при кручении у испытанных балок связывается с влиянием волокнистых композитов. Кроме того, предельная прочность при кручении всех испытанных образцов была увеличе-



Рис. 4. Различные длины используемого волокна: а) 57 мм; б) 38 мм; в) 19 мм [13]

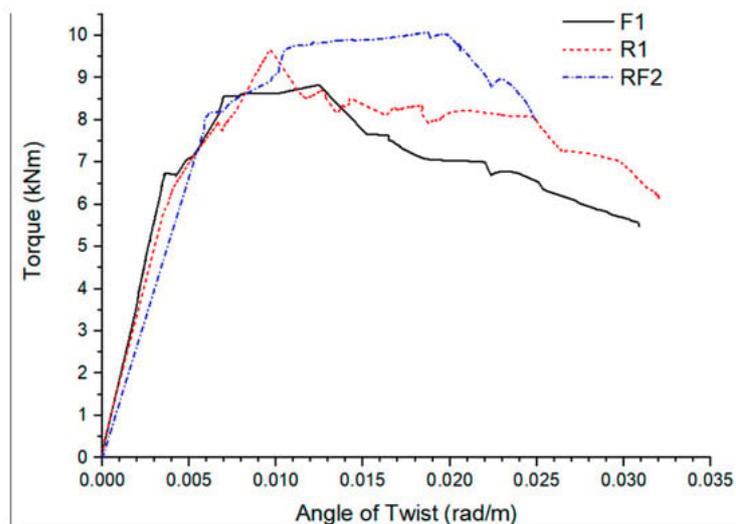
Таблица 4. Механические характеристики контрольных и армированных фиброй бетонных смесей [13]

Тип волокна	Средняя прочность на раскалывание (МПа)	Средняя прочность на изгиб (МПа)	Средняя прочность на сжатие (МПа)	Показатель хрупкости
Без волокна	3,44	4,12	51,21	12h43
Стальная фибра	4,21	5,71	45,41	7,95
Синтетическое волокно 19 мм	4,38	5,84	47,95	8,21
Синтетическое волокно 38 мм	4,41	6,21	49,11	7,91
Синтетическое волокно 57 мм	4,57	6,74	48,78	7,24

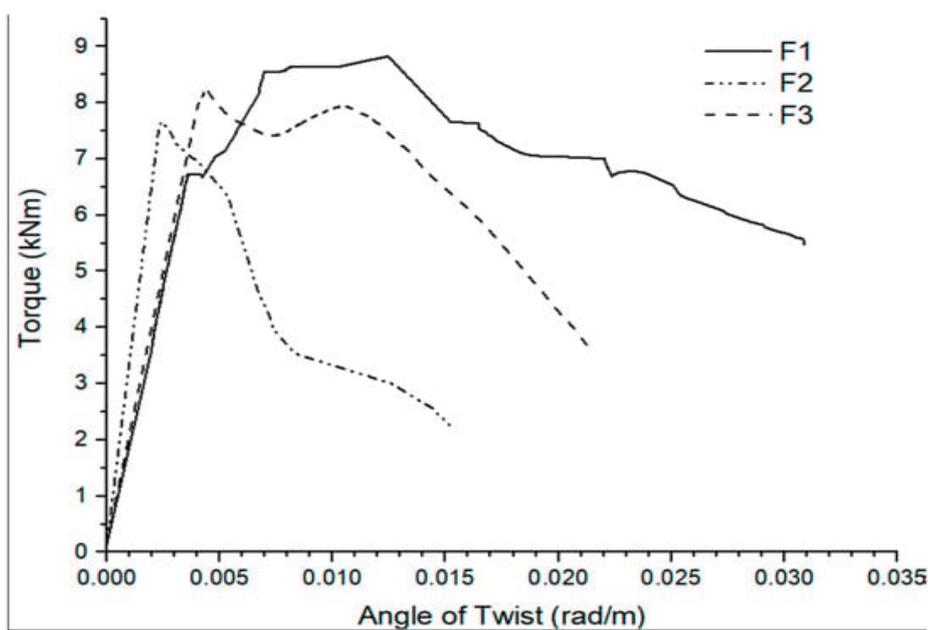
на при использовании фибрового армирования до 21–39 % для сплошных балок и до 76–116 % для полых балок по сравнению с тем же показателем у контрольного образца [12].

Чтобы оценить прочность при кручении полых балок с различными типами волокон, *Hassan et al.* (2020) продолжили данное направление исследований. Они использовали стальное синтетическое волокно диаметром 1,3 мм с объемной долей 1 % трех различных длин – 19, 38 и 57 мм (рис. 4) [13]. По мере увеличения длины синтетических волокон предельная несущая способность армированных ими балок увеличивалась на 4,7 %, 9,4 % и 21,9 % соответственно.

В последние годы для мониторинга состояния железобетонных конструкций все чаще применяют искусственные нейронные сети. Достоинство данного инструмента мониторинга состоит в высокоэффективном обнаружении локализации повреждений бетонных сооружений, а также в возможности их качественной и количественной оценки. Среди 11 моделей программ, разработанных и протестированных для прогнозирования коэффициента усиления при кручении у балок, лучшей оказалась нейронная сеть, которая показала наиболее точные результаты с коэффициентом детерминации, средней квадратической ошибкой, средней ошибкой, средним коэффициентом безопасности и коэффициентом вариации 0,93, 1,66, 0,98, 1,11 и 45 %. Также было выявлено, что результаты, полученные с помощью нейросети, имеют наилучшую сходимость с литературными данными



**Рис. 5.** Сравнение крутящего момента в зависимости от угла поворота арматуры, состоящей только из волокон, обычной арматуры и гибридной арматуры, состоящей из волокон и обычной арматуры [15]



**Рис. 6.** Зависимость крутящего момента от угла скручивания для образцов балок, сформированных только с помощью волоконного армирования [15]

по сравнению с результатами, полученными с помощью других методов мониторинга [3].

В отчете *Amin and Bentz* (2018) указано, что усиление образцов балок прутами диаметром 8 мм и 10 мм на основе зависимости крутящего момента от угла пути кручения привело к увеличению их прочности при кручении на 34 % и 40 % соответственно. Это положительно повлияло на устойчивость к разрушению, особенно для балок, усиленных

двойной арматурой диаметром 8 мм [5].

*Faconi et al.* (2018) провели эксперимент на шести балках одинакового размера (2 700 мм длина, 300 мм ширина и 300 мм глубина), испытанных на чистое кручение в соответствии со спецификациями Еврокода 2. Результаты эксперимента показали, что армирование стальными волокнами обеспечивает более высокую прочность при кручении, которая увеличилась с 41,85 % до 69 % [14].

Конструктивные элементы, армированные композитными материалами, по сравнению с аналогичными элементами без усиления обладают повышенной устойчивостью к растрескиванию и увеличенным предельным крутящим моментом на 20 % и 25 % соответственно. Это указывает на возможность их использования в строительстве для повышения прочности конструкции. Взаимосвязь между крутящим моментом и углом кручения показана на рис. 6 [15].

Кроме того, *Zhou et al.* (2017) исследовали влияние усиленных стекловолокном полимеров, включенных в состав бетона, на механические характеристики железобетонных балок [16]. Железобетонные балки, в которые встроены восемь полипропиленовых стержней, армированных стекловолокном, были испытаны на крутильные нагрузки различной интенсивности. Результаты испытаний показали, что данный способ усиления бетонных балок уменьшает размеры образующих трещин, а также сдерживает их дальнейшее распространение. В указанных условиях сопротивление кручению у железобетонных балок и цементного композита составило 14 % и 50 % соответственно, что выше, чем у балок без усиления при допустимой ширине трещины 0,7 мм [17]. Кроме того, было выявлено, что чем выше содержание волокон, тем выше прочность при кручении и жесткость балок.

Предельный крутящий момент балки, усиленной намотанными алюминиевыми полосами, и балки, усиленной намотанными полосами из нержавеющей стали, был выше, чем у контрольной балки, примерно на 32 % и 40 % соответственно, поскольку полосы действовали, как внешнее армирование [18]. В сравнении с контрольным образцом предельный крутящий момент у балок, усиленных полимером из стекловолокна, был выше на 62 %, у балок, усиленных однослойной сеткой из стальной проволоки, – на 118 %, а у балок, усиленных двухслойной сеткой из стальной проволоки, – на 163 %. Эти данные сочетаются с показателями предельного угла кручения у перечисленных видов балок, которые оказались выше примерно на 53 %, 93 % и 126 % соответственно по сравнению с контролем. Это показало, что усиление балки двухслойной сеткой из стальной проволоки способствует значительному увеличению предельного сопротивления крутящему моменту. Кроме того, данный вид армирования продемонстрировал самый высокий коэффициент пластичности у балки по сравнению со всеми балками, усиленными другими методами. И, напротив, балка, усиленная полимером из стекловолокна, имела наименьшую пластичность [18].

Кроме того, прочность при кручении у армированных волокнами балок улучшалась по мере увеличения коэффициента усиления. Было установлено, что армирование углеродными волокнами с использованием эпоксидного клея значительно повышало предельную крутильную способность балок – до 23,3 %. Кроме того, момент разрушения таких балок был улучшен по сравнению с эталонными образцами [19].

Высокопрочные бетонные балки, усиленные намотанным полимером из стекловолокна, были испытаны на сопротивление кручению. Результаты показали повышение устой-

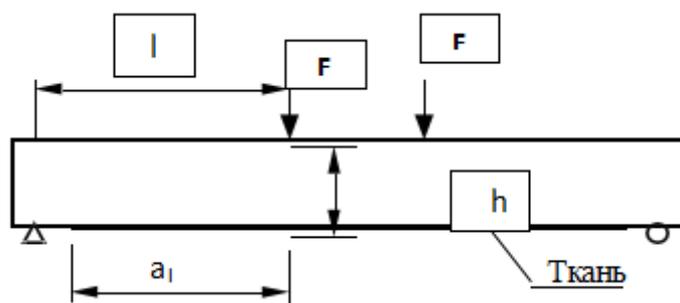


Рис. 7. Определение параметров [21]

чивости к данному виду нагрузки у таких балок до 75 % по сравнению с балками без усиления [20].

### Факторы, влияющие на поведение армированных конструкций

Железобетонные балки, армированные композитами, состоят из четырех материалов: бетона, арматуры, клея и ткани. Изменение качества или количества каждой из этих четырех составляющих, например, прочности бетона, степени усиления арматурой, толщины клея или толщины ткани, типа ткани, повлияет на механические свойства всей армированной железобетонной конструкции. Кроме того, на поведение усиленных сооружений влияют различные виды соотношений и геометрических параметров как внутри составных частей конструкции, так и в ходе ее взаимодействия с окружающей средой.

Влияние отношения расстояния между местом приложения нагрузки и опорой к высоте сечения ( $l/h$ ). Отношение расстояния от места приложения нагрузки до опоры к высоте сечения ( $l/h$ ) является важным параметром, определяющим режим разрушения усиленных балок. Малое значение  $l/h$  часто приводит к внезапному разрушению при сдвиге. Для железобетонных балок отношение  $l/h$  более шести обычно приводит к разрушению при изгибе, отношение  $l/h$  в диапазоне 2,5–6 приводит к комбинированному разрушению при изгибе и сдвиге [21].

Влияние коэффициента армирования напрягаемой арматуры. Для железобетонных балок, усиленных композитными материалами, режим разрушения и прирост предельной прочности, обеспечиваемый композитом, зависят от коэффициента армирования растянутой арматуры.

*Nguyen et al.* (2001) исследовал балки объемом  $120 \times 150 \times 1500 \text{ см}^3$  с коэффициентами армирования 0,39 % и 4,36 %. Разрушение слабо армированной балки определялось трещиной вблизи конца конструкции под воздействием сдвига [21]. В отличие от этого, разрушение более армированной балки вызывалось разрушением бетона ближе к ее середине при той же нагрузке. Таким образом, балка с большим коэффициентом армирования на участках, подвергающихся сдвигу, разрушается вследствие повышенного сжатия бетонной составляющей. При этом данная арматура имеет низкий предел прочности.

Для слабо или умеренно армированных балок композитное армирование эффективно с точки зрения предельной прочности. Однако в случае балки без арматуры и с арматурой

Таблица 5. Влияние количества ткани на предельную прочность балок

Автор	Сечение ткани (мм) <sup>2</sup>	<i>P</i>	Предельная нагрузка (кН)	Способы разрыва
Балки с низкой прочностью на сдвиг (рамы: 0,13~0,19%)				
[38]	60	1,4%	163	Расслоение ткани из-за трещин от сдвига
	120	1,4%	156	
[39]	120	0,65%	63	Отделение покрытия и расслоение ткани под действием сдвигающей силы
	180	0,65%	65	
Интенсивно армированные поперечные балки (рамы: 0,38 %)				
[38]	120	1,4%	163	Расслоение ткани под действием сдвигающей силы и изгибающего момента
	180	1,4%	178	
[39]	60	0,65%	54	Разрушение спрессованного бетона и отслоение ткани
	180	0,65%	70	
	60	1,68%	76	
	180	1,68%	120	

из стеклоткани измеренная предельная нагрузка намного ниже проектного значения. Преждевременное разрушение такой балки связано с появлением трещин под воздействием изгибающего момента, при этом ткань в местах трещин становится незакрепленной. Необходимо определить минимальное количество арматуры для сдерживания появления и расширения трещин и, таким образом, для предотвращения преждевременного разрушения балок из-за отклеивания ткани [22].

Влияние количества ткани. Предельная прочность армированных балок повышается с увеличением количества композитной арматуры, но нелинейно вследствие различных потенциальных режимов разрушения, упомянутых выше.

Влияние количества продольной ткани на предельную прочность армированных балок изучалось несколькими авторами. *Grace* (2001) использовал различное количество углеродной ткани для усиления зон отрицательного момента слабо и интенсивно армированных на сдвиг балок (коэффициент армирования на сдвиг равен 0,13 % и 0,38 %) [23].

В исследованиях *Rahimi and Hutchinson* (2001) углеродные волокна различной толщины применялись для армирования слабо или умеренно армированных на сдвиг балок (коэффициент армирования на сдвиг равен 0,19 % и 0,38 %). Результаты этих исследований обобщены в табл. 5 [24].

Из этой таблицы видно, что увеличение площади поперечного сечения ткани не улучшает предельное сопротивление сдвигу у слабо армированных балок, независимо от степени продольного армирования. Наблюдаемые разрушения в основном вызваны трещинами при сдвиге, а продольная ткань почти не улучшает сопротивление сдвигу.

С другой стороны, увеличение площади поперечного сечения ткани эффективно улучшает предельное сопротивление сдвигу у интенсивно армированных балок, независимо от количества напряженного армирования. Разрушение происходит либо в результате отслоения ткани, либо в результате раскрытия трещин под совместным воздействием сдвигающей силы и изгибающего момента.

Параметрические исследования *Arduini and Nanni* (1997) также показывают, что улучшение способности армированных балок выдерживать изгибающий момент не может быть достигнуто за счет увеличения толщины ткани, а разрушение происходит из-за расслоения ткани или локального повреждения бетонного покрытия [25].

Что касается влияния крепления, расслоение ткани на концах и вблизи середины балки является основной причиной преждевременного разрушения балок с композитным армированием. Анкерное крепление на этих участках может предотвратить данное разрушение. Оно улучшает предельную прочность и повышает пластичность армированных балок. Анкерование может быть достигнуто несколькими способами: стальными замками, пластинами или хомутами, углеродными ровингами, приклеиванием ткани вокруг секции или в форме буквы «U», а также с помощью продольной ткани длиной более пролета балки (несущая анкеровка) [26].

### Заключение

Приклеивание композитных волокон является очень эффективным средством армирования или ремонта железобетонных конструкций. Наличие композитного волокна на поверхностях, подвергающихся повышенному воздействию, значительно улучшает предельную прочность и структурную жесткость балок за счет уменьшения распространения трещин, особенно в случае слабо или умеренно усиленных балок. Данное преимущество зависит от таких факторов, как коэффициент армирования, прочность балки на сдвиг без усиления, геометрические параметры балки, прочность бетона и т.д. Кроме того, армирование композитными волокнами повышает прочность балок при кручении, которая является необходимым свойством для периметральных балок многоэтажных зданий, круговых балок основания у круглых резервуаров, краевых балок оболочковых крыш и балок, поддерживающих консольные перекрытия и винтовые лестницы. Крутильная способность этих элементов должна быть максимальной в связи с повышенными эксплуатационными нагрузками, высокой вероятностью структурных повреждений и износа.

### Литература/References

1. Mane, V.V. A review on “torsional behavior of rectangular reinforced concrete beams with encased welded wire mesh fiber” / V.V. Mane, N. K. Patil // *Reliability: Theory & Applications*. – 2021. – No. 16(SI 1 (60)). – P. 304–317.
2. Whittle, R. *Failures in concrete structures: case studies in reinforced and prestressed concrete* / R. Whittle // Crc Press, 2012.
3. Deifalla, A. A Machine learning model for torsion strength of externally bonded FRP-reinforced concrete beams / A. Deifalla, N.M. Salem // *Polymers*. – 2022. – No. 14(9). – P. 1824.
4. Kandekar, S.B. Study of torsional behavior of reinforced concrete beams strengthened with aramid fiber strips / S.B. Kandekar, R.S. Talikoti // *International Journal of Advanced Structural Engineering*. – 2018. – No. 10(4). – P. 465–474.
5. Amin, A. Strength of steel fiber reinforced concrete beams in pure torsion / A. Amin, E.C. Bentz // *Structural Concrete*. – 2018. – No. 19(3). – P. 684–694.
6. Awoyera, P.O. Experimental Findings and Validation on Torsional Behaviour of Fibre-

Reinforced Concrete Beams: A Review / P.O. Awoyera, J.U. Effiong, O.B. Olalusi, K. Prakash Arunachalam // *Polymers*. – 2022. – No. 14(6). – P. 1171.

7. Benzaid, R. FRP-confined concrete cylinders: axial compression experiments and strength model / R. Benzaid, H. Mesbah, N.E. Chikh // *Journal of Reinforced plastics and composites*. – 2010. – No. 29(16). – P. 2469–2488.

8. Stewart, M.G. Reliability safety assessment of corroding reinforced concrete structures based on visual inspection information / M.G. Stewart // *ACI Structural Journal*. – 2010. – No. 107(6). – P. 671.

9. Osman, B.H. A state of the art review on reinforced concrete beams with openings retrofitted with FRP / B.H. Osman, E. Wu, B. Ji, A.M. Abdelgader // *International Journal of Advanced Structural Engineering*. – 2016. – No. 8. – P. 253–267.

10. Venigalla, S.G. Textile-Reinforced Concrete as a Structural Member: A Review / S.G. Venigalla, A.B. Nabilah, N.A. Mohd Nasir, N.A. Safiee, F.N.A. Abd Aziz // *Buildings*. – 2022. – No. 12(4). – P. 474.

11. Askandar, N.H. Torsional strengthening of RC beams with continuous spiral near-surface mounted steel wire rope / N.H. Askandar, A.D. Mahmood // *International Journal of Concrete Structures and Materials*. – 2020. – No. 14(1). – P. 7.

12. Abdullah, M.D. The Role of Fiber-Type Reinforcement in the Torsional Behavior of Solid and Hollow Reinforced Concrete Beams / M.D. Abdullah, F.H. Majeed, S.M. Saleh // *Fibers*. – 2022. – No. 10(9). – P. 80.

13. Hassan, R.F. Experimental research on torsional strength of synthetic/steel fiber-reinforced hollow concrete beam / R.F. Hassan, M.H. Jaber, N.H. Al-Salim, H.H. Hussein // *Engineering Structures*. – 2020. – No. 220. – P. 110948.

14. Facconi, L. Steel fibers for replacing minimum reinforcement in beams under torsion / L. Facconi, F. Minelli, P. Ceresa, G. Plizzari // *Materials and Structures*. – 2021. – No. 54(1). – P. 34.

15. Lau, C.K. Torsional behaviour of steel fibre reinforced alkali activated concrete / C.K. Lau, T.N. Htut, J.J. Melling, A. Chegenizadeh, T.S. Ng // *Materials*. – 2020. – No. 13(15). – P. 3423.

16. Zhou, J. Experimental study on torsional behavior of FRC and ECC beams reinforced with GFRP bars / J. Zhou, W. Shen, S. Wang // *Construction and Building Materials*. – 2017. – No. 152. – P. 74–81.

17. El-Mandouh, M.A. Torsional Improvement of RC Beams Using Various Strengthening Systems / M.A. El-Mandouh, J.W. Hu, W.S. Shim, F. Abdelazeem, G. Elsamak // *Buildings*. – 2022. – No. 12(11). – P. 1776.

18. Al-Bayati, G. Torsional strengthening of RC beams using NSM CFRP rope and innovative adhesives / G. Al-Bayati, R. Al-Mahaidi, M.J. Hashemi, R. Kalfat // *Composite Structures*. – 2018. – No. 187. – P. 190–202.

19. Mohammadzadeh, M.R. Experimental and analytical study on behaviour of CFRP-strengthened HSC beams with minimum reinforcement under pure torsion / M.R. Mohammadzadeh, M.J. Fadaee // *Iranian Journal of Science and Technology*. – 2010. – No. 34(B1). – P. 35.

20. Hollaway, L.C. Strengthening of reinforced concrete structures: Using externally-bonded

FRP composites in structural and civil engineering / L.C. Hollaway, M. Leeming // Elsevier, 1999.

21. Ngyuyen, D.M. Effete of plate length on the strength of reinforced concrete beams bonded with CFRP plates brittle failure and development length of CFRP-concrete beams» / D.M. Ngyuyen, T.K. Chan, H.K. Cheong // Journal of composite for construction. – ASCE. – 2011. – No. 5(1). – P. 12–17.

22. An, W. RC beams strengthened with FRP plates. II: Analysis and parametric study / W. An, H. Saadatmanesh, M.R. Ehsani // Journal of structural engineering. – 1991. – No. 117(11). – P. 3434–3455.

23. Grace, N.F. Strengthening of negative moment region of reinforced concrete beams using carbon fiber-reinforced polymer strips / N.F. Grace // Structural Journal. – 2001. – No. 98(3). – P. 347–358.

24. Rahimi, H. Concrete beams strengthened with externally bonded FRP plates / H. Rahimi, A. Hutchinson // Journal of composites for construction. – 2001. – No. 5(1). – P. 44–56.

25. Arduini, M. Parametric study of beams with externally bonded FRP reinforcement / M. Arduini, A. Nanni // Structural Journal. – 1997. – No. 94(5). – P. 493–501.

26. Shen, D. Experimental studies on the seismic behavior of reinforced concrete beam-column joints strengthened with basalt fiber-reinforced polymer sheets / D. Shen, M. Li, J. Kang, C. Liu, C. Li // Construction and Building Materials. – 2021. – No. 287. – P. 122901.

---

### The Influence of Reinforcement Methods on Torsional Resistance of Reinforced Concrete Beams: A Review

R.H.K. Al-Brees, M.I. Abu Mahadi, M.J.J. Al-Hchaimi, M.R.F. Fadhl

*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** reinforcement of reinforced concrete beams; composite materials; torsion; mounting method near the surface.

**Abstract.** The purpose of the article is to summarize various methods of reinforcing reinforced concrete beams with composite materials to prevent their structural failure associated with strong torsion. The objectives of the study are to study the main reasons for the deterioration of the state of reinforced concrete structures and the factors affecting the behavior of reinforced structures, to determine methods for the restoration and strengthening of concrete structures and to identify the role of fiber-reinforced composites in increasing the structural strength of reinforced concrete beams. The research methods include the analysis of the literature on the methods of strengthening the torsion resistance of reinforced concrete beams. The results are as follows: reinforcement is an operation which consists in increasing the strength of a structure, thus allowing it to be used under more rigid conditions and providing protection against a greater range of different external influences. There are two methods of reinforcing with composites: the cured system or reinforcement method used to place composites on the surface of concrete, and the near-surface mounting method. Synthetic fiber composites, such as glass fiber, carbon fiber, as well as steel, polypropylene and aramid fibers, can significantly improve the mechanical

properties and torsional stability of reinforced concrete beams, making them suitable for a wide range of industrial applications. The strength of concrete reinforced with these materials is influenced by the composition, size, volume, stiffness, and aspect ratio of the fibers. In addition, synthetic fibers can be easily adapted to any part of the structure due to their light weight, high tensile strength, resistance to corrosion and ease of anchoring. However, further research is needed to quantify the effect parameters of composite fiber materials on the strength and torsional stability of reinforced concrete beams.

---

© Р.Х.К. Аль-Брис, М.И. Абу Махади, М.Ж.Ж. Аль-Хчаими, М.Р.Ф. Фадль, 2023

УДК 691.328.44

## Фибропенобетон для тепловой изоляции трубопроводов бесканальной прокладки

И.У. Аубакирова, Ю.В. Пухаренко

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,  
г. Санкт-Петербург (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** бесканальная прокладка; теплоизоляция; трубопроводы; фибропенобетон.

**Аннотация.** Целью данной работы являются исследования фибропенобетона – перспективного теплоизоляционного материала для трубопроводов бесканальной прокладки, в том числе в Арктической зоне Российской Федерации. В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи:

– осуществлен выбор сырьевых компонентов для получения фибропенобетона средней плотности  $300 \text{ кг/м}^3$ , включая вид армирующих волокон, в качестве которых целесообразно применять полипропиленовые волокна длиной 12–20 мм;

– определен состав сырьевой смеси для получения фибропенобетона;

– произведена оценка прочностных и эксплуатационных характеристик полученного фибропенобетона с учетом требований, предъявляемых к теплоизоляции трубопроводов бесканальной прокладки.

Научная гипотеза: повышение прочностных и улучшение эксплуатационных характеристик достигается за счет дисперсного армирования волокнами с определением характеристик сцепления волокон с пенобетонной матрицей. Основными методами исследований являются графо-аналитический метод проектирования состава фибробетона, «правило смесей», а также анализ и сравнение полученных результатов.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей фибропенобетоном, изготовленным с учетом возможностей сырьевой и энергетической базы Арктической зоны России. Работа выполнена при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

## Введение

Анализ состояния объектов жилищно-коммунального хозяйства населенных пунктов Европейской части Арктической зоны РФ указывает на серьезные проблемы с точки зрения выработки и потребления тепловой энергии. Во многих районах тепловые сети вследствие значительных потерь теплоты из-за использования устаревших изношенных теплоизоляционных конструкций и материалов требуют значительных затрат на их реконструкцию.

Тепловые сети представляют собой сложные системы, включающие протяженные трубопроводы различного диаметра, большое количество оборудования для передачи тепловой энергии с помощью теплоносителя – сетевой воды или пара от источников теплоты потребителям, а также теплоизоляционные материалы, от эффективности применения которых зависит уровень тепловых потерь, а также безопасность и долговечность конструкций. Материал тепловой изоляции должен быть долговечен, устойчив к действию грунтовых вод, химической и биологической агрессии, экологически безопасным и огнестойким, а также не разрушаться под действием механических нагрузок и низких температур. Для тепловых сетей следует принимать теплоизоляционные материалы и конструкции, проверенные практикой эксплуатации [1].

Новые материалы и конструкции допускаются к применению при положительных результатах испытаний, проведенных в лабораториях, допущенных к проведению данных испытаний в порядке, установленном действующим законодательством РФ.

Обзор исследований, приведенный в работах [2–5], отражает особенности создания надежных и эффективных систем теплоснабжения в Арктической зоне России. При этом отмечается, что особое внимание должно уделяться теплоизоляционным материалам для бесканальной прокладки трубопроводов, так как в этом случае к обычным требованиям, характерным для любого вида теплоизоляции, добавляются такие, как высокая механическая прочность изоляционного слоя, обеспечивающая восприятие нагрузок от массы трубопровода и грунта, малый капиллярный подсос влаги из грунта, а также высокая щелочность среды, предохраняющая трубу от электрокоррозии.

Перечисленные выше требования практически исключают применение для бесканальных трубопроводов большинства известных теплоизоляционных материалов, используемых в настоящее время в строительстве. Из немногих конструкций, пригодных для этой цели, можно назвать битумоперлитовую, битумокерамзитовую и асфальтокерамзитобетонную, которые разработаны специально для бесканально прокладываемых трубопроводов и обладают необходимыми гидрофобностью и прочностью [6]. Однако повышенная средняя плотность материалов ( $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$  и более) и низкие теплозащитные свойства ( $\lambda = 0,11 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  и более) значительно снижают эффективность таких конструкций. Наименьшие значения массы ( $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$ ) и теплопроводности ( $\lambda = 0,11\text{--}0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ) имеет применяемая в последние годы монолитная теплоизоляция из пенополиуретана. Недостаточная гидрофобность этой конструкции в некоторой степени компенсируется наличием на поверхности трубы защитной пленки из продуктов химического взаимодействия поропласта с металлом, которая снижает коррозионное действие проникающей влаги. Наряду с другими довольно успешно применяется монолитная изоляция трубопроводов из автоклавного армопенобетона [7–9].

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики различных видов тепловой изоляции.

Таблица 1. Сравнительные характеристики тепловой изоляции

Сравнительные характеристики	Теплоизоляционный материал		
	Пенополиуретан	Минеральная вата	Армопенобетон
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°К	0,020–0,04	0,052–0,058	0,05–0,1
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	40–160	55–155	250–500
Предел прочности при сжатии, МПа	0,3	0,1	0,3–1,5
Водопоглощение по объему, %	1–3	30	8
Группа горючести	Г3–Г4	НГ, Г1	НГ
Группа воспламеняемости	В3	В1	–
Предельная температура применения, °С	150	400	250
Термическое сопротивление теплопередаче, $r_{tot}$ (м·К)/Вт	4,36	3,11	4,01

Анализ приведенных данных показывает, что для тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения, в том числе в Арктической зоне России, наиболее целесообразно применять вспененные материалы, в том числе автоклавный армопенобетон [8; 10]. Прочный контакт изоляции с поверхностью трубы, обусловленный высокой степенью адгезии бетона к металлу, препятствует проникновению влаги, сдерживая тем самым коррозионные процессы. Однако сам пенобетон, традиционными недостатками которого являются низкая сопротивляемость растягивающим напряжениям и повышенная хрупкость, как никакой другой материал капиллярно-пористой структуры требует дисперсного армирования волокнами, которое в данном случае обеспечивает радикальное повышение механической прочности и долговечности, а также позволяет избежать разрушения от случайных ударов при технологических, транспортных и монтажных воздействиях.

Рассматривая фибропенобетон как возможную замену армопенобетона, исходили из следующего:

- дисперсное армирование пенобетона синтетическими волокнами позволяет значительно повысить его прочность, трещиностойкость и ударную вязкость, что обеспечивает материалу необходимую сопротивляемость хрупкому разрушению, устраняет опасность появления технологических, транспортных и монтажных трещин и околос, способствуя тем самым снижению затрат на ремонт;
- введение синтетических волокон предполагает полное исключение стальной арматуры и связанных с этим работ;
- использование в качестве местного наполнителя золы-уноса теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) позволяет отказаться от применения природного песка, требующего мокрого помола;
- тепловлажностная обработка фибропенобетонных изделий проводится не в автоклаве, а в пропарочной камере при температуре не выше 95 °С, что также способствует снижению их себестоимости.

Теплопроводность пенобетона, как и любого другого теплоизоляционного материала, главным образом зависит от величины средней плотности, которую в данном случае необходимо уменьшать.

Для определения величины средней плотности пенобетона, соответствующей новым

**Таблица 2.** Термическое сопротивление тепловой изоляции стальных труб для системы двухтрубной прокладки

Диаметр трубы, мм	Толщина изоляции трубы, мм		Диаметр трубы с изоляцией, мм		Термическое сопротивление изоляции трубы, м·К/Вт	
	Подающей	Обратной	Подающей	Обратной	Подающей	Обратной
57	74,0	74,0	205	205	1,359	1,456
76	64,5	64,5	205	205	1,053	1,129
89	84,0	58,0	257	205	1,126	0,949
108	74,0	74,5	256	257	0,916	0,986
133	88,0	62,0	309	257	0,895	0,749
159	75,0	75,0	309	309	0,807	0,864
219	93,5	70,0	406	359	0,655	0,562

условиям, использовалась методика [10], в соответствии с которой термическое сопротивление изоляционного слоя рассчитывается по формуле (1):

$$R_{из} = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_{из}}{d}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{из}$  – расчетный коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/мК;  $d$  и  $d_{из}$  – диаметр трубы без изоляции и с изоляцией.

Расчетный коэффициент теплопроводности определяется по формуле (2):

$$\lambda_{из} = \lambda_0 + 0,0003t_{ср}, \quad (2)$$

где  $\lambda_0$  – теплопроводность материала в сухом состоянии, Вт/м·°К;  $t_{ср}$  – средняя температура теплоносителя, °С.

Исходя из этого, расчетный коэффициент теплопроводности для изоляционного слоя подающей и обратной трубы из пенобетона плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> составляет 0,15 Вт/м·К и 0,14 Вт/м·К соответственно.

Результаты определения термического сопротивления изоляционных слоев стальных труб разного диаметра при использовании армопенобетона плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> приведены в табл. 2.

Согласно табл. 2, усредненная величина термического сопротивления составляет для подающей трубы 0,973 м·К/Вт, для обратной трубы 0,956 м·К/Вт. Увеличивая в соответствии с новыми требованиями полученные значения в 1,5 раза и пользуясь приведенными выше формулами, находим коэффициент теплопроводности пенобетона в сухом состоянии, который для подающей и обратной трубы должен составлять 0,065 Вт/м·К. Таким образом, средняя плотность пенобетона должна быть равной 300 кг/м<sup>3</sup>.

Учитывая изложенное, целью данного исследования являлось повышение прочностных и улучшение эксплуатационных характеристик пенобетона средней плотности 300 кг/м<sup>3</sup> для тепловой изоляции трубопроводов путем его дисперсного армирования во-

локнами [12–14].

### Методы

Оценка сформулированных выше технологических решений и показателей качества фибропенобетона с точки зрения его применимости для изоляции трубопроводов тепловых сетей проводилась путем изготовления и испытания опытных образцов с последующим анализом полученных результатов. Для этого предварительно осуществлялось проектирование состава исследуемого материала по методике, предложенной в СПбГА-СУ [15]. Для практического использования методики уточнен ряд положений и проведены исследования, целью которых являлось определение прочности сцепления волокон с бетонной матрицей по методу [16], который был апробирован на нескольких видах низкомодульных синтетических армирующих волокон: макрофибры периодического профиля фирмы «Руссеал», макрофибры «Strofiber», имеющих гладкий профиль, и микроволокон «Fibrin XT». Расчеты показали, что прочность сцепления макроволокон «Руссеал» с цементным камнем составляет 3,8 МПа, макрофибры «Strofiber» – 2,9 МПа, микроволокон «Fibrin XT» – 0,53 МПа.

Очевидно, что в реальном фибробетоне характеристики (плотность, прочность) цементного камня отличаются от аналогичных показателей образцов, полученных из цементного теста нормальной густоты, в связи с чем характеристика сцепления ( $\varphi\tau$ ) требует корректировки. Расчеты по составам фибробетонных смесей и сравнение расчетных характеристик с экспериментальными данными показывают, что в первом приближении для уточнения характеристики сцепления может быть использовано выражение (3):

$$(\varphi\tau)_{\text{фб}} = (\varphi\tau) \cdot \left( \frac{\rho_{\text{фб}}}{\rho_{\text{нг}}} \right)^2, \quad (3)$$

где  $(\varphi\tau)_{\text{фб}}$  и  $(\varphi\tau)$  – характеристика сцепления волокон с матрицей в фибробетоне и цементном камне из теста нормальной густоты;  $\rho_{\text{фб}}$  и  $\rho_{\text{нг}}$  – средняя плотность цементного камня в фибробетоне, полученного из теста нормальной густоты.

Таким образом, характеристику сцепления микроволокон «Fibrin XT» с матрицей в ячеистом фибробетоне средней плотности 300 кг/м<sup>3</sup> следует принимать равной 0,1 МПа. Полученные данные использовались в дальнейшем при выполнении соответствующих расчетов.

### Результаты и обсуждения

В соответствии с упомянутой выше методикой проектирования составов фиброармированных бетонов были выполнены следующие действия.

1. Сформулировано задание на проектирование состава теплоизоляционного материала.

Разработать состав фибропенобетона для использования в качестве тепловой изоляции труб для прокладки тепловых сетей со следующими характеристиками:

- коэффициент теплопроводности в сухом состоянии не более 0,06 Вт/м·К;
- предел прочности на сжатие не менее 0,8 МПа;
- предел прочности на изгиб не менее 0,4 МПа;

– марка по морозостойкости не менее  $F_{125}$ .

2. Осуществлен выбор исходных компонентов.

Для изготовления фибропенобетонных образцов использовались:

– портландцемент класса ЦЕМ I 42,5 Н производства Сланцевского цементного завода «Цесла»;

– наполнитель в виде кислой золы-уноса Рефтинской ГРЭС;

– синтетическая микрофибра «Fibrin XT»;

– синтетический пенообразователь «ПБ-Формула 2012» производства ЗАО «ЭГИДА ПТВ» по ТУ 2481–008– 80824910–2012.

3. Разработан состав исходного пенобетона и определены его характеристики.

Состав назначался с учетом отношения массы наполнителя к массе вяжущего ( $C$ ). За исходное водотвердое отношение принято  $B/T = 0,6$ , которое обеспечивает необходимую текучесть раствора, определяемую с помощью вискозиметра Суттарда. Определение расхода материалов осуществлялось на основе расчетных зависимостей (4)–(7), приведенных в Инструкции [17]:

$$P_{\text{сух}} = \frac{\rho_c}{K_c} V; \quad (4)$$

$$P_{\text{в}} = \frac{P_{\text{сух}}}{C+1}, K_c = 1,1; \quad (5)$$

$$P_{\text{к}} = P_{\text{сух}} - P_{\text{в}}; \quad (6)$$

$$P_{\text{воды}} = P_{\text{сух}} \frac{B}{T}, \quad (7)$$

где  $P_{\text{сух}}$  – расход сухих материалов, кг;  $P_{\text{в}}$  – расход вяжущего вещества, кг;  $P_{\text{к}}$  – расход кремнеземистого компонента (наполнителя), кг;  $P_{\text{воды}}$  – расход воды, л;  $V$  – заданный объем замеса, л;  $\rho_c$  – заданная средняя плотность бетона, кг/л;  $K_c$  – коэффициент, учитывающий увеличение массы бетона за счет связанной воды.

Отношение массы наполнителя к массе вяжущего, принятое в соответствии с СН 277–80, составляет  $C = 0,75$ . Проектируемая средняя плотность пенобетона  $300 \text{ кг/м}^3$ . Расчетный объем замеса  $1 \text{ м}^3$ . Учитывая это:

$$\text{расход сухих материалов: } P_{\text{сух}} = \frac{300}{1,1} \times 1 = 272 \text{ кг};$$

$$\text{расход вяжущего вещества: } P_{\text{в}} = \frac{272}{0,75+1} = 155 \text{ кг};$$

$$\text{расход золы-уноса: } P_{\text{к}} = 272 - 155 = 117 \text{ кг};$$

$$\text{расход воды: } P_{\text{воды}} = 272 \times 0,6 = 163 \text{ л}.$$

Свойства пенобетона указанного состава, полученные в результате испытания стан-

Таблица 3. Свойства исходного пенобетона

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	312
2	Прочность при сжатии, МПа	0,6
3	Прочность при изгибе, МПа	0,2

дартных образцов, представлены в табл. 3.

4. Рассчитаны значения характерных пределов армирования с использованием выражений (8) и (9), учитывая, что фибры располагаются в цементном камне, и разрушение материала происходит в результате нарушения сцепления фибр с матрицей:

$$\mu_{min} = \frac{V_{кз} R_{цк}}{(\varphi\tau) 2 \frac{l_f}{d} - \left( 2 \frac{E_\phi}{E_{кз}} + 3,5 \right) R_{кз} + 4,5 R_{цк}}; \quad (8)$$

$$\mu_k = V_{кз} \alpha \frac{R_{кз} - R_{цк}}{R_{цк} \left( 2 \frac{E_\phi}{E_{цк}} - 1 \right) - R_{кз} \left( 2 \frac{E_\phi}{E_{кз}} - 1 \right)}, \quad (9)$$

где  $\mu_{min}$  – минимальная объемная доля волокон, после которой они начинают проявлять армирующие свойства;  $\mu_k$  – расход волокон, соответствующий началу образования фиброцементного каркаса;  $V_{кз}$  – объемная доля цементного теста, в которой могут быть распределены волокна с образованием контактных ( $V_{кз} = 0,2$ );  $R_{цк}$  – прочность цементного камня;  $R_{кз}$  – прочность контактной зоны, равная  $1,4 R_{цк}$ ;  $(\varphi\tau)$  – прочность сцепления волокон с матрицей;  $E_\phi$ ,  $E_{цк}$  и  $E_{кз}$  – модули упругости фибры, цементного камня и контактных зон соответственно;  $l_f$  – длина фибры;  $d$  – диаметр фибры;  $\alpha$  – коэффициент, принимаемый равным 0,785.

$$\mu_{min} = \frac{0,2 \times 6}{0,53 \times 2 \times \frac{12}{0,02} - \left( 2 \frac{3500}{42000} + 3,5 \right) 8,4 + 4,5 \times 6} = 0,002 = 0,2\%;$$

$$\mu_k = 0,2 \times 0,785 \frac{8,4 - 6}{6 \left( 2 \frac{3500}{30000} - 1 \right) - 8,4 \left( 2 \frac{3500}{42000} - 1 \right)} = 0,157 = 15,7\%.$$

5. Определена прочность фибропенозолобетона ( $R_{фб}$ ) при объемной доле волокон, соответствующей образованию фиброцементного каркаса ( $\mu_k$ ):

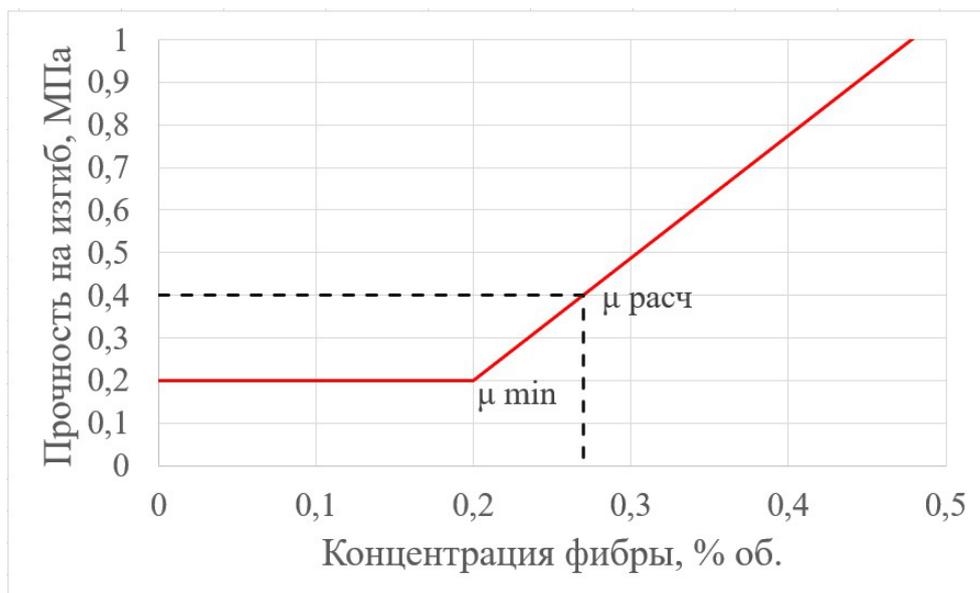


Рис. 1. График « $R_{фб} - \mu$ » для фибропенозолобетона плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$

$$R_{фб} = \varphi \tau 2 \frac{l}{d} \mu + 3,5 R_{кз} \mu + (1 - 4,5 \mu) R R_0 =$$

$$= 0,1 \times 2 \frac{12}{0,02} \times 0,157 + 3,5 \times 8,4 \times 0,157 + (1 - 4,5 \times 0,157) \times 0,2 = 23,5 \text{ МПа.}$$

6. Построен график зависимости « $R_{фб} - \mu$ », по которому определен коэффициент армирования  $f = 0,0027 = 0,27 \%$  по объему, соответствующий получению заданной прочности фибропенозолобетона, которая должна быть не менее  $0,4 \text{ МПа}$ .

7. Расход основных компонентов на  $1 \text{ м}^3$  фибропенозолобетонной смеси составляет, кг:

- цемент – 155;
- зола-унос – 117;
- армирующие волокна (фибра) – 2,43;
- вода – 163.

После изготовления лабораторные образцы данного состава выдерживались сутки в нормальных условиях, а затем восемь часов в пропарочной камере при температуре  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . За это время образцы набирают до  $80 \%$  проектируемой прочности. После пропарки образцы извлекались из форм и высушивались до постоянной массы при  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  в сушильном шкафу, далее образцы взвешивали, измеряли и испытывали на изгиб и сжатие. Морозостойкость образцов определялась по методике ГОСТ 25485-2019 (прил. Б) в морозильной камере при температуре минус  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для определения теплопроводности образцов размером  $150 \times 150 \times 30 \text{ мм}$  применялся измеритель теплопроводности ИТС–1.

Результаты испытаний пенобетонных и фибропенобетонных образцов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты испытаний образцов теплоизоляционных пенозолобетон

№ п/п	Наименование показателя	Значение	
		Пенобетон	Фибропенобетон
1	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	312	302
2	Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,06	0,06
3	Прочность при сжатии, МПа	0,60	0,81
4	Прочность при изгибе, МПа	0,23	0,42
5	Морозостойкость, цикл	25	50

### Выводы

Результаты испытаний свидетельствует о том, что при равных средней плотности и теплопроводности пенобетона и фибропенобетона прочностные характеристики последнего увеличиваются на 35–80 %, а морозостойкость – в два раза без нарушения целостности структуры. Таким образом, в результате проведенных исследований установлены принципиальная возможность и эффективность тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей фибропенобетоном, изготовленным с учетом возможностей сырьевой и энергетической базы Арктической зоны России. Предварительным расчетом установлено, что при использовании в качестве теплоизоляции трубопроводов дисперсно армированного пенобетона себестоимость 1 м<sup>3</sup> снижается на 25,6 %.

### Литература

1. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 (с изм. №1, 2, 3).
2. Орлов, В.А. Строительство и реконструкция трубопроводов в условиях вечной мерзлоты / В.А. Орлов, В.А. Нечитаева, Д.А. Петербургский // СОК. – 2021. – № 5. – С. 18–23.
3. Пахомова, А.Д. Особенности проектирования теплоизоляции трубопроводных систем в условиях Крайнего Севера / А.Д. Пахомова, К.И. Иванова, Ю.Л. Липовка // Наука и практика глобально меняющегося мира в условиях многозадачности, проектного подхода, рисков неопределенности и ограниченности ресурсов : Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 19–20 июня 2020 года. – СПб : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. – С. 8–11.
4. Слепченко, В.С. Повышение энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей северных и северо-восточных регионов России / В.С. Слепченко, Г.П. Петраков // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – № 4.
5. Бирюзова, Е.А. Повышение энергоэффективности тепловых сетей за счет применения современных теплоизоляционных материалов / Е.А. Бирюзова // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 1. – С. 62–66.
6. Крашенинников, А.Н. Монолитная теплоизоляция из ячеистых бетонов и пластмасс / А.Н. Крашенинников. – Л., 1971. – 243 с.
7. Правдин, Б.Н. Индустриальные способы изоляции теплопроводов / Б.Н. Правдин. –

Л. : Энергия, Ленинградское отделение, 1979. – 94 с.

8. Правдин, Б.Н. Совершенствование технологии производства теплоизолированных труб с применением автоклавного армопенобетона: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Б.Н. Правдин. – Л. : ЛИСИ, 1985. – 23 с.

9. Правдин, Б.Н. Высокоэффективные надежные конструкции термозащиты теплопроводов диаметром 50–1400 мм и способы нанесения их на трубы / Б.Н. Правдин // Скоростное строительство инженерных коммуникаций. – М. : МДНТП, 1979. – С. 90–92.

10. Федяшина, М.А. Пенобетон с пониженной средней плотностью для тепловой изоляции трубопроводов. Автореф. дис. ...канд. техн. наук / М.А. Федяшина. – СПб : ЛИСИ, 1992 – 22 с.

11. Хижняков, С.В. Практические расчеты тепловой изоляции / С.В. Хижняков. – М., 1976. – 200 с.

12. Суворов, И.О. Влияние вида и количества армирующих волокон на усадочные деформации фибропенобетона / И.О. Суворов // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 5(46). – С. 90–94.

13. Пухаренко, Ю.В. Полидисперсное армирование фибробетонов / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова // Технологии бетонов. – 2011. – № 1–2(54–55). – С. 28–29.

14. Кудяков, А.И. Пенобетон дисперсно-армированный теплоизоляционный естественного твердения / А.И. Кудяков, А.Б. Стешенко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 2(43). – С. 127–133.

15. Пухаренко, Ю.В. Вопросы и решения в проектировании состава фибробетона / Ю.В. Пухаренко, А.Ю. Ковалева // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2009. – № 1(8). – С. 50–55.

16. Определение прочности сцепления армирующих волокон с матрицей в фибробетоне / Ю.В. Пухаренко, В.И. Морозов, Д.А. Пантелеев, М.И. Жаворонков // Строительные материалы. – 2020. – № 3. – С. 39–44.

17. СН 277-80 Строительные нормы. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона.

## References

1. SP 124.13330.2012 Teplovyye seti. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIP 41-02-2003 (s izm. №1, 2, 3).

2. Orlov, V.A. Stroitel'stvo i rekonstruktsiya truboprovodov v usloviyakh vechnoy merzloty / V.A. Orlov, V.A. Nechitayeva, D.A. Peterburgskiy // SOK. – 2021. – № 5. – S. 18–23.

3. Pakhomova, A.D. Osobennosti proyektirovaniya teploizolyatsii truboprovodnykh sistem v usloviyakh Kraynego Severa / A.D. Pakhomova, K.I. Ivanova, YU.L. Lipovka // Nauka i praktika global'no menyayushchegosya mira v usloviyakh mnogozadachnosti, proyektного podkhoda, riskov neopredelennosti i ogranichennosti resursov : Sbornik nauchnykh statey po itogam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 19–20 iyunya 2020 goda. – SPb : Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy ekonomicheskiy universitet, 2020. – S. 8–11.

4. Slepchenok, V.S. Povysheniye energoeffektivnosti teploizolyatsii truboprovodov teplovykh setey severnykh i severo-vostochnykh regionov Rossii / V.S. Slepchenok, G.P. Petrakov // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – № 4.

5. Biryuzova, Ye.A. Povysheniye energoeffektivnosti teplovykh setey za schet primeneniya sovremennykh teploizolyatsionnykh materialov / Ye.A. Biryuzova // Regional'naya arkhitektura i

stroitel'stvo. – 2013. – № 1. – S. 62–66.

6. Krashennikov, A.N. Monolitnaya teploizolyatsiya iz yacheistyx betonov i plastmass / A.N. Krashennikov. – L., 1971. – 243 s.

7. Pravdin, B.N. Industrial'nyye sposoby izolyatsii teploprovodov / B.N. Pravdin. – L. : Energiya, Leningradskoye otdeleniye, 1979. – 94 s.

8. Pravdin, B.N. Sovershenstvovaniye tekhnologii proizvodstva teploizolirovannykh trub s primeneniym avtoklavnogo armopenobetona: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / B.N. Pravdin. – L. : LISI, 1985. – 23 s.

9. Pravdin, B.N. Vysokoeffektivnyye nadezhnyye konstruksii termozashchity teploprovodov diametrom 50–1400 mm i sposoby naneseniya ikh na truby / B.N. Pravdin // Skorostnoye stroitel'stvo inzhenernykh kommunikatsiy. – M. : MDNTP, 1979. – S. 90–92.

10. Fedyashina, M.A. Penobeton s ponizhennoy sredney plotnost'yu dlya teplovoy izolyatsii truboprovodov. Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk / M.A. Fedyashina. – SPb : LISI, 1992 – 22 s.

11. Khizhnyakov, S.V. Prakticheskiye raschety teplovoy izolyatsii / S.V. Khizhnyakov. – M., 1976. – 200 s.

12. Suvorov, I.O. Vliyaniye vida i kolichestva armiruyushchikh volokon na usadochnyye deformatsii fibropenobetona / I.O. Suvorov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2014. – № 5(46). – S. 90–94.

13. Pukharenko, YU.V. Polidispersnoye armirovaniye fibrobetonov / YU.V. Pukharenko, I.U. Aubakirova // Tekhnologii betonov. – 2011. – № 1–2(54–55). – S. 28–29.

14. Kudyakov, A.I. Penobeton dispersno-armirovanny teploizolyatsionnyy yestestvennogo tverdeniya / A.I. Kudyakov, A.B. Steshenko // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2014. – № 2(43). – S. 127–133.

15. Pukharenko, YU.V. Voprosy i resheniya v proyektirovanii sostava fibrobetona / YU.V. Pukharenko, A.YU. Kovaleva // ALITinform: Tsement. Beton. Sukhiye smesi. – 2009. – № 1(8). – S. 50–55.

16. Opredeleniye prochnosti stsepleniya armiruyushchikh volokon s matritsey v fibrobetone / YU.V. Pukharenko, V.I. Morozov, D.A. Panteleyev, M.I. Zhavoronkov // Stroitel'nyye materialy. – 2020. – № 3. – S. 39–44.

17. SN 277-80 Stroitel'nyye normy. Instruktsiya po izgotovleniyu izdeliy iz yacheistogo betona.

---

### Fibrofoam Concrete for Thermal Insulation for Channeless Pipelines

I.U. Aubakirova, Yu.V. Pukharenko

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Saint-Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** channelless laying; thermal insulation; pipelines; fibrofoam concrete.

**Abstract.** The purpose of this paper is to study fibrofoam concrete, a promising heat-insulating material for channelless pipelines, including those in the Arctic zone of the Russian Federation. In accordance with the goal, the following tasks were completed:

– the choice of raw materials for the production of fibrofoam concrete with an average

density of  $300 \text{ kg/m}^3$  was made, including the type of reinforcing fibers, for which it is advisable to use polypropylene fibers 12–20 mm long;

- the composition of the raw mix for the production of fiber foam concrete was determined;
- the strength and performance characteristics of the resulting fibrofoam concrete were assessed, taking into account the requirements for thermal insulation of channelless pipelines.

The research hypothesis is based on the assumption that an increase in strength and an improvement in operational characteristics is achieved through dispersed reinforcement with fibers with the determination of the characteristics of the adhesion of fibers to a foam concrete matrix. The main research methods are the graphical-analytical method of designing the composition of fiber-reinforced concrete, the “mixture rule”, as well as the analysis and comparison of the results obtained.

The results of the studies carried out testify to the effectiveness of thermal insulation of pipelines of heating networks with fibrofoam concrete, considering the possibilities of the raw material and energy base of the Arctic zone of Russia. The research was supported by the world-class scientific and educational center “Russian Arctic: new materials, technologies and research methods”.

---

© И.У. Аубакирова, Ю.В. Пухаренко, 2023

УДК 658.5

## Domestic and Foreign Experience of Using Scheduling Methods in the Process of Construction of Buildings

G.E. Albegov, I.L. Abramov

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** scheduling; building construction; planning methods; planning efficiency; best practices; forecasting accuracy.

**Abstract.** The article explores domestic and foreign experience in the application of scheduling methods in the process of building construction. Scheduling plays an important role in the effective management of construction projects, ensuring the optimal organization of work processes, reducing work time and reducing costs. The article aims to analyze domestic and foreign experience in the application of these methods in the construction of buildings. The objectives are to study methods and approaches to scheduling and analyze the advantages and disadvantages of each method. The study of scheduling methods will allow construction organizations to better understand the advantages and disadvantages of these methods, as well as determine the most effective approaches to planning the construction of buildings.

Scheduling is an integral part of building construction management. It allows you to determine the sequence of work, evaluate their duration and timeliness, as well as rationally use resources [6]. The concept of scheduling as a tool for project management has evolved over decades in various industries, including construction. In the 1950s, as network planning and project management techniques became widely used, the concept of scheduling became part of the terminology in the field. Thus, the term «scheduling» in the context of building construction came to be used later in connection with the development of project management tools in this industry [9]. Currently, there are many scheduling methods developed both in Russia and abroad.

Domestic and foreign experience in the application of scheduling methods in the process of building construction has both general and specific features.

Common features include the following.

First, most construction organizations both in Russia and abroad are aware of the importance of scheduling for the successful completion of projects. This leads to the widespread use of various planning methods and tools.

Secondly, in domestic and foreign practice, both classical planning methods, such as a

network schedule and a Gantt chart, and modern tools based on information technology are used.

Thirdly, the general desire is to optimize the construction processes, reduce the time of work and reduce costs [1].

However, there are specific features of the application of scheduling methods in domestic and foreign practice. For example, in domestic experience, there are often difficulties with accurately predicting the duration of work and taking into account external factors, such as weather or changes in customer requirements. Foreign construction organizations, in turn, are actively implementing modern project management information systems that allow automating planning and process control.

The study of domestic and foreign experience in the application of scheduling methods in the process of building construction allows us to draw the following conclusions.

First, scheduling is an integral part of effective construction project management.

Second, there is a wide range of scheduling methods and tools, each with its own advantages and limitations.

Thirdly, domestic and foreign experience demonstrates both general and specific features of the application of these methods [4].

Building construction uses a variety of scheduling techniques to help optimize progress, manage resources, and reduce project time. Listed below are some of the most common scheduling methods in building construction.

1. Network Diagram: This is a method based on the representation of a sequence of tasks in the form of nodes (vertices) and the connections between them. The network schedule allows you to determine the dependencies between tasks, estimate their duration and determine the critical path – the longest sequence of tasks that determines the total time to complete the project.

2. Gantt Chart: This is a graphical tool used to visualize the work schedule. In the Gantt chart, each task is represented by a horizontal bar, the length of which corresponds to its duration. The Gantt chart allows you to visualize the sequence and overlap of tasks over time.

3. Critical Path Method (**CPM**): CPM is based on defining a critical path in a network diagram. The critical path is a sequence of tasks that determines the minimum time to complete a project. CPM allows you to identify the most critical tasks that require special attention to meet deadlines [8].

4. Project Management Institute (**PMI**): PMI is an integrated approach to project management that includes goal setting, planning, risk assessment, resource management, control and reporting. The PMI method is widely used in the construction industry to manage projects of varying complexity.

5. Building Information Modeling (**BIM**): BIM is a methodology based on the creation of a digital building model, including information about the geometry, materials, schedule and other aspects of the project. BIM enables data integration and collaboration between different project stakeholders, enabling more efficient building planning and management. Within the framework of the BIM approach, it is possible to carry out virtual modeling of the project, analyze collisions and conflicts, optimize processes and coordinate work [3].

6. Resource Management: This method involves planning and managing the resources needed to carry out construction work, such as materials, equipment, and labor. Accounting and distribution of resources in accordance with the calendar plan allows you to optimize the use of resources and avoid delays in the project.

7. Optimization methods: Various optimization methods can be applied in the scheduling

process, such as graph compression methods (crashing) and resource leveling (resource leveling). Schedule compression techniques reduce project time by reducing the duration of certain tasks or increasing the resources allocated to them. Resource leveling is aimed at uniform distribution of resources over time to avoid resource overload and ensure stable performance of work [7].

8. Use of Project Management Information Systems (**PMIS**): PMIS are software systems designed specifically for project management. They provide opportunities for planning, control, reporting and interaction between project participants. PMIS allows you to automate planning processes and facilitate the management of building construction.

9. External factors: When scheduling the construction of buildings, it is important to take into account external factors that may affect the performance of work, such as weather conditions, changes in customer requirements or delays in deliveries. It is necessary to adapt the schedule taking into account such factors and provide for backup measures to minimize their impact on the project [5].

The simultaneous application of various scheduling methods allows achieving optimal results in building construction process management, ensuring forecasting accuracy, reducing work execution time, optimizing resources and managing risks. The use of network charts, Gantt charts, and the critical path method helps you visualize the sequence and dependencies of tasks, determine the critical path, and identify key tasks that require special attention.

Applying a project management methodology such as PMI allows you to systematically manage a project from start to finish, including planning, control, coordination of resources, and communication between project participants. The introduction of information technologies, including BIM, facilitates data integration, collaboration and analysis, which contributes to more efficient planning and management of a construction project.

Optimization techniques such as schedule compression and resource leveling help improve work efficiency and resource utilization. Taking into account external factors such as weather and changing requirements allows you to adapt the plan to changing conditions and minimize potential delays.

In general, the combination of various scheduling methods and their application in accordance with the specific conditions of the construction of buildings allows you to improve project management processes, increase efficiency and achieve successful project implementation. Domestic and foreign experience in this area is a valuable resource for the development of methodologies and planning tools in building construction.

Conclusion. In conclusion, domestic and foreign experience in the application of scheduling methods in the process of building construction demonstrates significant potential for process optimization and project management improvement. Further research in this area will contribute to the development of more efficient methods and planning tools, which will lead to more successful implementation of construction projects [2].

### Литература

1. Ананьин, М.Ю. Архитектурно-строительное проектирование производственного здания: учеб. пособие для СПО / М.Ю. Ананьин. – Москва, Екатеринбург : Юрайт: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 216 с.
2. Батиенков, В.Т. Технология и организация строительства. Управление качеством в вопросах и ответах / В.Т. Батиенков, Г.Я. Чернобровкин, А.Д. Кирнев. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2020. – 400 с.

3. Болотин, С.А. Организация строительного производства: учеб. для вузов / С.А. Болотин, А.Н. Вихров. – М. : Академия, 2022. – 208 с.
4. Максимова, М.В. Учет и контроль технологических процессов в строительстве: учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования / М.В. Максимова, Т.И. Слепкова. – М. : Академия, 2020. – 336 с.
5. Морошкин, В.А. Бизнес-планирование: учеб. пособие / В.А. Морошкин. – М. : ИНФРА, 2019. – 256 с.
6. Гаврилов, Д.А. Проектно-сметное дело: учеб. пособие / Д.А. Гаврилов. – М. : Альфа-М, ИНФРА-М, 2022. – 352 с.
7. Русанова, Т.Г. Осуществление мероприятий по реализации принятых проектных решений: учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования / Т.Г. Русанова. – М. : Академия, 2019. – 240 с.
8. Либерман, И.А. Техническое нормирование, оплата труда и проектно-сметное дело в строительстве: учебник / И.А. Либерман. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 400 с.
9. Теличенко, В.И. Технология строительных процессов: в 2 ч.: учеб. для строит. вузов / В.И. Теличенко, А.А. Лapidус, О.М. Терентьев. – М. : Высшая школа, 2022. – 392 с.
10. Лapidус, А.А. Календарное планирование производства работ при проектной подготовке организации строительства малоэтажных объектов / А.А. Лapidус, И.Л. Абрамов // Научное обозрение, 2017. – С. 6–9.

### References

1. Anan'in, M.YU. Arkhitekturno-stroitel'noye proyektirovaniye proizvodstvennogo zdaniya: ucheb. posobiye dlya SPO / M.YU. Anan'in. – Moskva, Yekaterinburg : Yurayt: Izd-vo Ural. un-ta, 2018. – 216 s.
2. Batiyevkov, V.T. Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'stva. Upravleniye kachestvom v voprosakh i otvetakh / V.T. Batiyevkov, G.YA. Chernobrovkin, A.D. Kirnev. – Rostov-na-Donu : Feniks, 2020. – 400 s.
3. Bolotin, S.A. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva: ucheb. dlya vuzov / S.A. Bolotin, A.N. Vikhrov. – M. : Akademiya, 2022. – 208 s.
4. Maksimova, M.V. Uchet i kontrol' tekhnologicheskikh protsessov v stroitel'stve: ucheb. dlya studentov uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya / M.V. Maksimova, T.I. Slepkoval. – M. : Akademiya, 2020. – 336 s.
5. Moroshkin, V.A. Biznes-planirovaniye: ucheb. posobiye / V.A. Moroshkin. – M. : INFRA, 2019. – 256 s.
6. Gavrilov, D.A. Proyektno-smetnoye delo: ucheb. posobiye / D.A. Gavrilov. – M. : Al'fa-M, INFRA-M, 2022. – 352 s.
7. Rusanova, T.G. Osushchestvleniye meropriyatiy po realizatsii prinyatykh proyektnykh resheniy: ucheb. dlya studentov uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya / T.G. Rusanova. – M. : Akademiya, 2019. – 240 s.
8. Liberman, I.A. Tekhnicheskoye normirovaniye, oplata truda i proyektno-smetnoye delo v stroitel'stve: ucheb. dlya studentov uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya / I.A. Liberman. – M. : INFRA-M, 2022. – 400 s.
9. Telichenko, V.I. Tekhnologiya stroitel'nykh protsessov: v 2 ch.: ucheb. dlya stroit. vuzov / V.I. Telichenko, A.A. Lapidus, O.M. Terent'yev. – M. : Vysshaya shkola, 2022. – 392 s.
10. Lapidus, A.A. Kalendarnoye planirovaniye proizvodstva rabot pri proyektnoy podgotovke organizatsii stroitel'stva maloetazhnykh ob'yektov / A.A. Lapidus, I.L. Abramov // Nauchnoye obozreniye, 2017. – С. 6–9.

**Отечественный и зарубежный опыт применения  
методов календарного планирования в процессе  
строительства зданий**

Г.Э. Албегов, И.В. Абрамов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет», г. Москва*

**Ключевые слова и фразы:** календарное планирование; лучшие практики; методы планирования; строительство зданий; точность прогнозирования; эффективность планирования.

**Аннотация.** В научной статье исследуется отечественный и зарубежный опыт применения методов календарного планирования в процессе строительства зданий. Календарное планирование играет важную роль в эффективном управлении строительными проектами, обеспечивая оптимальную организацию рабочих процессов, сокращение времени выполнения работ и снижение затрат.

Целью данной статьи является анализ отечественного и зарубежного опыта применения этих методов в строительстве зданий. Задачами являются исследование методов и подходов к календарному планированию и анализ преимуществ и недостатков каждого метода.

В результате исследования методов календарного планирования строительные организации могут лучше понять преимущества и недостатки данных методов, а также определить наиболее эффективные подходы к планированию строительства зданий.

---

© G.E. Albegov, I.L. Abramov, 2023

УДК 658.528

## Математическая модель оценки основной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения дозиметрическими приборами

А.Ю. Туманов

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** измерение; модель; мощность дозы; погрешность; фотонное излучение.

**Аннотация.** Целью работы является разработка параметра математической модели оценки относительной погрешности средств измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (**МАЭД**) фотонного излучения при недоступности образцового прибора. Методы исследования: статистические, дозиметрические. Гипотеза исследования: при недоступности образцового прибора за действительное значение (**ДЗ**) может быть принято опорное значение (значение, которое служит в качестве согласованного для сравнения) мощности дозы, т.е. математическое ожидание измеряемой характеристики, определяемое как среднее значение заданной совокупности результатов анализа. Результатом работы является параметрическая математическая модель оценки относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения.

### Введение

РМГ 29-99 [1] определяет погрешность результата измерения как «отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины», т.е. предполагает знание действительного значения измеряемой величины – значение величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него. В ГОСТе 27451-87[2] основная погрешность средств измерений, кроме спектрометрических, должна нормироваться пределом допускаемой основной относительной погрешности, что дает четкие указания на то, что средства измерений обеспечивали измерение мощности поглощенной дозы с пределом допускаемой относительной основной погрешности 50 %. В стандарте МЭК IEC60846 дается следующее определение относительной собственной погрешности (указано, что это основная относительная погрешность, т.к. в отечественных документах этот термин применяется как погрешность средства измерения): «отношение погрешности показания измеренной мощности дозы к условно истин-

ному значению мощности дозы. В символьном виде может быть формализована в виде  $I = (H_i - H_t) \times 100 \% / H_t$  [3]. В стандартных условиях испытаний основная относительная погрешность чувствительности дозиметра для измерения (мощности) эквивалента дозы к эталонному гамма-излучению  $^{137}\text{Cs}$  не должна превышать  $\pm 20\%$  для всех мощностей амбиентных эквивалентов дозы. Таким образом, относительная погрешность дозиметра по МЭК IEC60846 относится не к погрешности результата измерения, а только к погрешности показаний прибора при стандартных условиях испытаний в поле источника  $^{137}\text{Cs}$ , при стандартной ориентации дозиметра относительно направления падающего излучения во время калибровки, указанной производителем. Согласно методическим указаниям МИ 1788-87 за ДЗ принимается значение, взятое из свидетельства на образцовую поверочную установку или определенное как среднее арифметическое значение результата измерения, выполненного образцовым прибором. Во многих случаях при недоступности образцового прибора возникает проблема, что принимать за ДЗ мощности экспозиционной дозы. Существует необходимость создания моделей, учитывающих возможность, использовать как параметр модели принятое опорное значение, т.е. значение, которое служит в качестве согласованного для сравнения, что определяет актуальность работы.

Целью работы является разработка математической модели и ее параметров для оценки основной относительной погрешности средств измерения МАЭД фотонного излучения при недоступности образцового прибора.

Задачи, которые необходимо решить в ходе исследования:

- рассмотрение существующих моделей, методов и методик оценки МАЭД и статистической обработки результатов для определения основной относительной погрешности средств измерения при измерении МАЭД фотонного излучения;
- разработка математической модели и ее параметров для определения относительной погрешности средств измерения при измерении МАЭД фотонного излучения при недоступности образцового прибора.

### Методы и объекты

Объектом исследования являются математические модели определения основной относительной погрешности средств измерения и результатов измерений при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения.

Для целей нашего исследования важно определение точности, данное в РМГ 61-2003. Точность – это степень близости результата измерения к истинному (или его отсутствие к принятому опорному) значению. Принятое опорное значение – значение, которое служит в качестве согласованного для сравнения. В методах оценки показателей качества методик анализа, рассмотренных в РМГ 61-2003, в качестве опорного значения могут быть приняты:

- а) теоретическое или научно установленное значение;
- б) аттестованное значение стандартного образца;
- в) аттестованное значение аттестованной смеси;
- г) математическое ожидание измеряемой характеристики, т.е. среднее значение заданной совокупности результатов анализа – лишь в том случае, когда: а), б) и в) недоступны.

Для измерения ионизирующих излучений исходная модель оценки основной погрешности согласно МИ 1788-87 может быть представлена в виде:

$$\Delta_{\text{пр}} = \max \left| \frac{X_{i\text{max}} - X_q}{X_q} \right| \times 100 \quad (1)$$

или

$$\Delta_{\text{пр}} = \max \left| \frac{X_{i\text{max}} - X_q}{X_k} \right| \times 100,$$

где  $X_{i\text{max}}$  – показание прибора, максимально удаленное от действительного значения физической величины при измерениях;  $X_q$  – действительное значение мощности экспозиционной дозы, взятое из свидетельства на образцовую поверочную установку или определенное как среднее арифметическое значение результата измерения, выполненного образцовым прибором;  $X_k$  – конечное значение шкалы прибора.

Если действительное значение заменяется его опорным значением ввиду отсутствия образцового прибора (например, в полевых условиях), то модель оценки основной погрешности может быть представлена в виде:

$$X = \bar{X} + \Delta_{Lc} + \Delta_r, \Delta = \Delta_{Lc} + \Delta_r,$$

где  $X$  – каждый результат единичного анализа; общее среднее (оценка математического ожидания) результатов анализа, полученных в условиях воспроизводимости (опорное значение);  $\Delta_{Lc}$  – оценка лабораторной составляющей систематической погрешности;  $\Delta_r$  – оценка случайной погрешности результата единичного анализа, полученного в условиях повторяемости. Введем параметр модели  $X_{on}$  – принятое опорное значение мощности экспозиционной дозы. В этом случае формулу относительной погрешности (1) запишем с учетом того, что  $\bar{X} = X_{on} = X_q$ .

### Заключение

Таким образом в ходе исследования проведен анализ существующей модели оценки МАЭД и статистической обработки результатов для определения относительной погрешности средств измерения МАЭД фотонного излучения. Как результат работы предложен параметр математической модели определения относительной погрешности средств измерения МАЭД фотонного излучения при недоступности образцового прибора.

### Литература

1. Туманов, А.Ю. Управление качеством информационно-измерительной и управляющей системы радиационного мониторинга / А.Ю. Туманов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 10(136). – С. 140–142.
2. РМГ 29-99 (Рекомендации по межгосударственной стандартизации, приняты Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 15 от 26–28 мая 1999 г.)).
3. IEC 60846, Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation, 2002.

4. ГОСТ 27451-87. Средства измерений ионизирующих излучений, Общие технические условия, Издательство стандартов, Москва, 1989.
5. Туманов, А.Ю. Универсальная математическая модель оценки уровня качества информационно-измерительной и управляющей системы радиационного мониторинга / А.Ю. Туманов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 10(136). – С. 137–139.

### References

1. Tumanov, A.YU. Upravleniye kachestvom informatsionno-izmeritel'noy i upravlyayushchey sistemy radiatsionnogo monitoringa / A.YU. Tumanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 10(136). – S. 140–142.
2. RMG 29-99 (Rekomendatsii po mezhgosudarstvennoy standartizatsii, prinyaty Mezhgosudarstvennym Sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii (protokol № 15 ot 26–28 maya 1999 g.)).
4. GOST 27451-87. Sredstva izmereniy ioniziruyushchikh izlucheniy, Obshchiye tekhnicheskiye usloviya, Izdatel'stvo standartov, Moskva, 1989.
5. Tumanov, A.YU. Universal'naya matematicheskaya model' otsenki urovnya kachestva informatsionno-izmeritel'noy i upravlyayushchey sistemy radiatsionnogo monitoringa / A.YU. Tumanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 10(136). – S. 137–139.

---

### A Mathematical Model for Estimating the Basic Error When Measuring the Power of the Ambient Equivalent of the Photon Radiation Dose by Dosimetric Devices

A.Yu. Tumanov

*Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,  
Saint-Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** model; error, measurements; dose rate; photon radiation.

**Abstract.** The aim of the study is to develop a parameter of a mathematical model for estimating the relative error of measuring the power of the ambient dose equivalent of photon radiation when an exemplary device is unavailable. The research method is statistical methods, dosimetric methods. The hypothesis of the study is that if an exemplary device is unavailable, a reference value (a value that serves as a consistent one for comparison) of the dose rate can be taken as the actual value, i.e., the mathematical expectation of the measured characteristic, defined as the average value of a given set of analysis results. The study resulted in a parametric mathematical model for estimating the relative error in measuring the power of the ambient equivalent of the photon radiation dose.

---

© А.Ю. Туманов, 2023

УДК 621.791.722

## Программная реализация интеллектуальной системы распознавания дефектов изделий при индукционной пайке

В.С. Тынченко, С.О. Курашкин, Е.С. Семенкин

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,  
г. Красноярск (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** измерение; модель; мощность дозы; погрешность; фотонное излучение.

**Аннотация.** Целью исследования является повышение эффективности контроля качества изделий аэрокосмического машиностроения путем разработки интеллектуальной системы контроля качества, что позволит снизить человеческий фактор в производстве, процент бракованной продукции в процессе производства, а также затраты на изготовление деталей. Решение проблемы качества продукции на производстве повысит выживаемость на конкурентном рынке и снизит стоимость производственных затрат, тем самым увеличит прибыль предприятия. Предполагается, что внедрение такой системы снижает затраты по нескольким пунктам: оплата сотрудника, количество производимого брака, безопасность на производстве, отсутствие простоя производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить предметную область;
- выбрать средства реализации модельно-алгоритмического и программного обеспечения;
- разработать программное приложение по определению дефектов на основе модельно-алгоритмического аппарата распознавания дефектов в процессе индукционной пайки с использованием видеоинформации из зоны пайки.

Таким образом, предлагается для решения поставленных задач использовать язык высокого уровня *Python* и библиотеку *PyTorch*. В качестве сверточной нейронной сети, на основе которой разрабатывалась программа для распознавания дефектов, была выбрана модель *YOLOv5* и проводилось ее дообучение на реальном датасете и на синтетических данных.

В результате проделанной работы была разработана программа для определения дефектов в зоне пайки на основе сверточной нейронной сети, обученной на комбинированном датасете и показавшей точность 93,8 %.

### Введение

Контроль качества продукции – это контроль количественных и качественных характеристик продукции, которые представлены переменными и атрибутами. Измерение переменных основано на непрерывных числовых шкалах. Атрибуты оцениваются либо без детального измерения, либо субъективно. Оценка качества продукции, когда характеристики представлены атрибутами, называется оценкой по альтернативному признаку [2].

Контроль качества – это проверка соответствия количественных или качественных характеристик продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям. Основная задача контроля качества – не допустить появление брака и других несоответствий продукции установленным требованиям [4]. Поэтому в ходе контроля проводится постоянный анализ отклонений параметров продукции от установленных требований. В результате контроля выявляются отклонения от требований: несоответствия и дефекты.

Метод индукционной пайки обеспечивает качественное соединение любых токопроводящих материалов: любые металлы, сплавы, керамика с металлическим напылением. Неспоримым достоинством индукционной пайки является возможность нагревать конкретную область детали. Технологический процесс пайки контролируется с помощью измерительных приборов. Метод индукционной пайки популярен в таких областях промышленности, как авиация, аэрокосмическая и автомобильная промышленность, а также в других, где требуется точность и качество соединений в металлических изделиях [3].

### Разработка интеллектуальной системы

Для разработки системы был выбран *Python* – высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода. В качестве сверточной нейронной сети для распознавания объекта была выбрана модель *YOLOv5* [5], входящая в состав библиотеки *PyTorch* [1]. Разработка приложения выполнена с помощью *Flask* – фреймворк для создания веб-приложений на языке программирования *Python*, использующий набор инструментов *Werkzeug*, а также шаблонизатор *Jinja2*.

Пользователь должен запустить сервер приложения через консоль с помощью команды «*flask run*» и перейти по *URL*: <http://127.0.0.1:5000>. Главная страница представлена на рис. 1. На главной странице расположены несколько вкладок: «Запуск модели», «Файлы». Оператор должен перейти во вкладку «Запуск модели», чтобы начать работу, как представлено на рис. 2. Здесь оператор выбирает модель и один файл. Следующим шагом можно выбрать порог обнаружения, с помощью которого регулируется «уверенность» модели в детекции объекта определенного класса. Данный параметр рекомендуется оставлять по умолчанию, если нет полного понимания в его использовании.

Потом нужно нажать кнопку «Запустить обработку», после этого может произойти не-

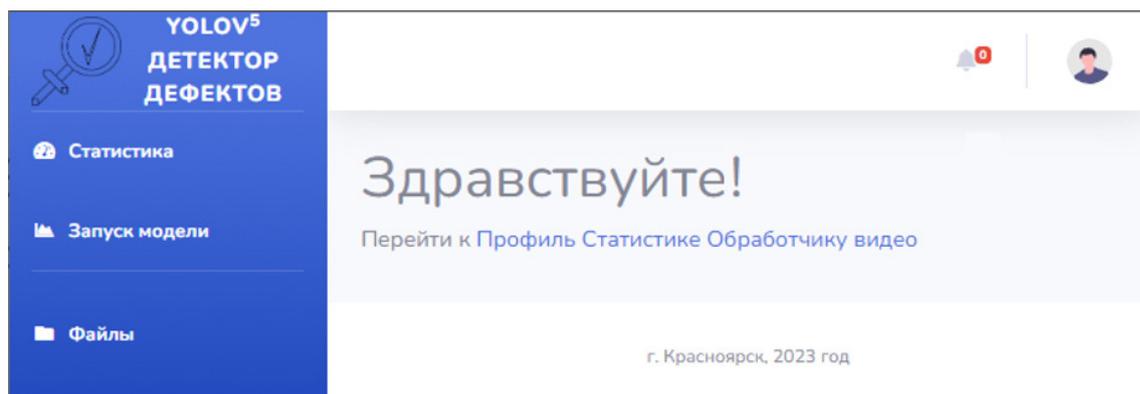


Рис. 1. Главная страница

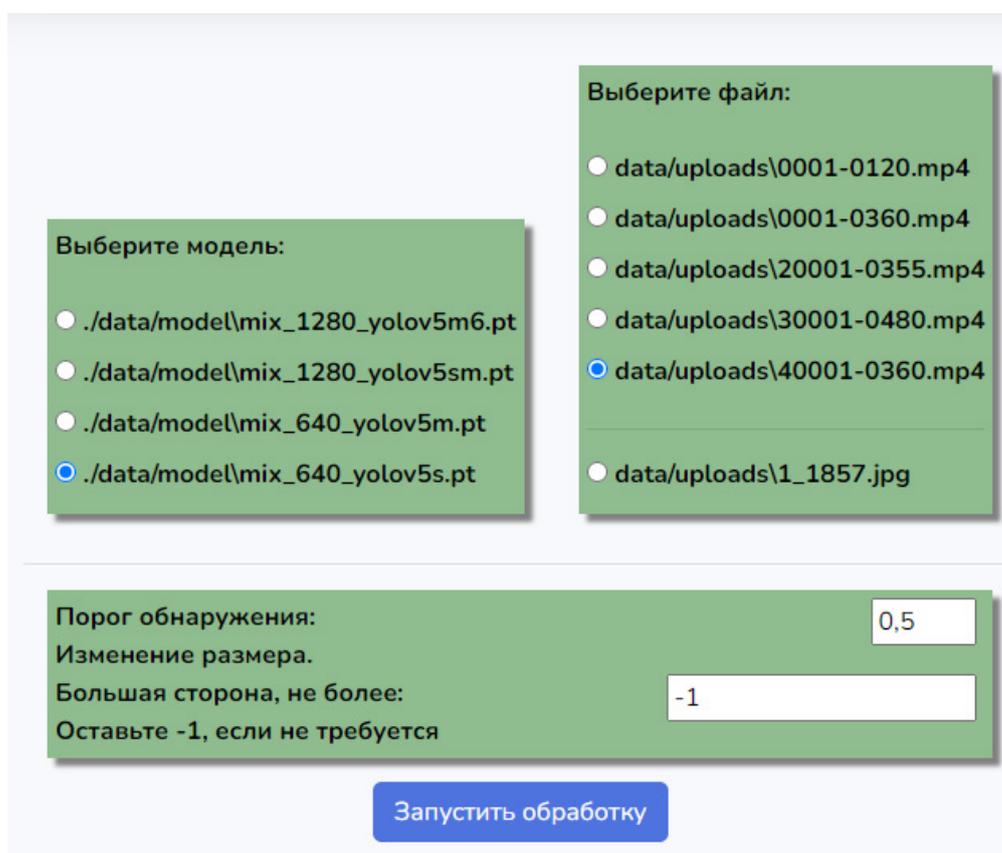


Рис. 2. Вкладка «Запуск модели»

большая задержка (в зависимости от технических характеристик устройства). После этого запустится обработка файла. Для просмотра необходимо нажать кнопку «Показать» и начнется покадровый вывод файла. Обработанный кадр на модели YOLOv5s представлен на рис. 3. Дефект обозначен с помощью рамки синего цвета с подписью дефекта.

Когда закончится работа приложения, необходимо вернуться на страницу назад, где будут выведены результаты обработки, как представлено на рис. 4.

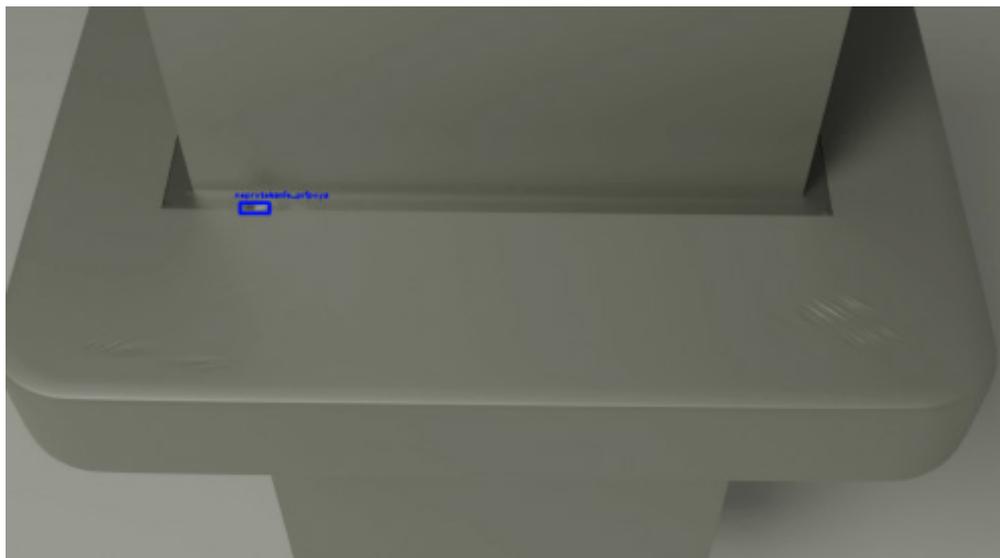


Рис. 3. Результат работы приложения

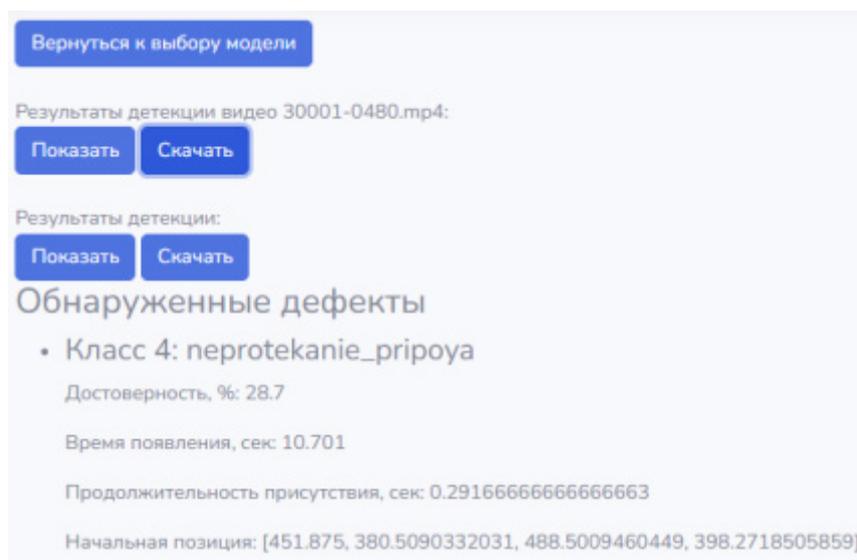


Рис. 4. Результаты детекции в приложении

### Заключение

Для реализации модельно-алгоритмического и программного обеспечения были выбраны следующие средства реализации:

- язык разработки *Python* и библиотеки *PyTorch*, *OpenCV*;
- система распознавания объектов *YOLOv5*;
- метод аугментации для работы с входными данными.

В результате проведенного исследования было разработано программное приложение по определению дефектов на базе сверточной нейронной сети *YOLOv5*. Разработка соответствует функциональным требованиям. Точность распознавания дефектов состави-

ла 93,6 %. В ходе работы была достигнута цель – повысить эффективность контроля качества изделий аэрокосмического машиностроения.

### Литература

1. Афанасьев, Д.Ю. Применение аугментации для улучшения качества классификации / Д.Ю. Афанасьев – Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». – 2022. – № 4. – 5 с.
2. Михеева, Е.Н. Управление качеством / Е.Н. Михеева, М.В. Сероштан. – М. : Дашков и Ко, 2007. – 210 с.
3. Сириченко, А. Интеллектуальные системы контроля и управления. Экспертные системы / А. Сириченко // МИСиС, Практикум, 2020. – 26 с.
4. Ян Эрик Солем. Программирование компьютерного зрения на языке Python / Ян Эрик Солем. – М. : ДМК Пресс, Учебник, 2012. – 314 с.
5. Шарипбай, А.А. Нейронные сети: учебник / А.А. Шарипбай. – Астана : ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, 2018. – 397 с.

### References

1. Afanas'yev, D.YU. Primeneniye augmentatsii dlya uluchsheniya kachestva klassifikatsii / D.YU. Afanas'yev – Nauchno-obrazovatel'nyy zhurnal dlya studentov i prepodavateley «StudNet». – 2022. – № 4. – 5 s.
2. Mikheyeva, Ye.N. Upravleniye kachestvom / Ye.N. Mikheyeva, M.V. Seroshtan. – M. : Dashkov i Ko, 2007. – 210 s.
3. Sirichenko, A. Intellectual'nyye sistemy kontrolya i upravleniya. Ekspertnyye sistemy / A. Sirichenko // MISiS, Praktikum, 2020. – 26 s.
4. Yan Erik Solem. Programirovaniye komp'yuternogo zreniya na yazyke Python / Yan Erik Solem. – M. : DMK Press, Uchebnik, 2012. – 314 s.
5. Sharipbay, A.A. Neyronnyye seti: uchebnik / A.A. Sharipbay. – Astana : YENU imeni L.N. Gumileva, 2018. – 397 s.

---

### Software Implementation of Intelligent Product Defect Detection System for Induction Brazing

V.S. Tynchenko, S.O. Kurashkin, E.S. Semenkin

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** quality control system; induction soldering; neural network; synthetic data.

**Abstract.** The purpose of the study is to increase the efficiency of quality control of aerospace engineering products, by developing an intelligent quality control system that will reduce the human factor in production, to reduce the percentage of defective products in the production process, as well as to reduce the cost of manufacturing parts. Solving the problem of product quality in production will increase the viability in the competitive market and reduce

the cost of production costs, thus increasing the profit of the enterprise. It is assumed that the introduction of such a system reduces costs on several points: the payment of an employee, the amount of scrap performed, safety at work, no production downtime.

In order to achieve this objective, it is necessary to study the subject area; to select the means of implementation of model algorithmic and software; to develop a software application for determining defects on the basis of a model-algorithmic device for detecting defects in the induction soldering process using video information from the soldering zone.

It is proposed to use high-level Python language and PyTorch library to solve the problems. The YOLOv5 model was chosen as the convoluted neural network from which the defect detection program was developed, and it was updated with real dataset and synthetic data.

As a result of the research done, a program was developed to determine the defects in the soldering zone on the basis of a convoluted neural network trained on the combined data of the grid showed an accurate 93.8 %.

---

© В.С. Тынченко, С.О. Курашкин, Е.С. Семенкин, 2023

УДК 004.9

## Программная система принятия технологических решений при электронно-лучевой сварке

В.С. Тынченко, С.О. Курашкин, Е.С. Семенкин,  
Е.В. Шуткина

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,  
г. Красноярск (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** автоматизация; оптимизация; разработка; системы поддержки принятия решений (СППР); электронно-лучевая сварка.

**Аннотация.** Целью данного исследования является повышение эффективности управления процессом электронно-лучевой сварки (ЭЛС) за счет оптимизации технологических параметров.

В соответствии с целью настоящей работы были поставлены следующие задачи:

- изучить предметную область;
- провести формализованный анализ и реорганизацию процессной модели;
- выбрать средства реализации модельно-алгоритмического и программного обеспечения;
- разработать модельно-алгоритмический аппарат прогнозирования технологических параметров процесса электронно-лучевой сварки;
- разработать программу для определения технологических параметров процесса ЭЛС на основе модельно-алгоритмического аппарата прогнозирования данных технологических параметров.

Разработка системы поддержки принятия технологических решений для процесса ЭЛС позволит повысить эффективность управления ЭЛС тонкостенных конструкций за счет оптимизации технологических параметров, в результате чего повысится качество свариваемых изделий и снизится количество брака.

Разработка программной системы осуществлялась на языке программирования *Python* с применением оптимизаторов *Bayes Serach CV* и *Random Search CV*. Результаты экспериментальных исследований показали, что наиболее точной является модель *Gradient Boosting Regression* с использованием оптимизатора *Random*

*Search*. Оценка  $r^2$  данной модели составила: 0,9291270. Наиболее эффективным оптимизатором является *Bayes Search*: он подобрал наилучшие параметры для семи из десяти математических моделей.

### Введение

Электронно-лучевая сварка (**ЭЛС**) – это вид сварки, который использует электроны для соединения металлических деталей вместе. Процесс заключается в фокусировке интенсивного пучка электронов на небольшом участке заготовки [1]. Это приводит к тому, что материал в этом месте достигает своей точки плавления, что затем создает ванну расплава для сварного шва [2]. Электронная сварка имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами сварки, включая более высокую точность, более высокие скорости, более глубокое проникновение и больший контроль температуры [3].

### Разработка

Для реализации программной системы был выбран язык программирования *Python*. Данный язык является одним из наиболее популярных языков программирования в области машинного обучения и искусственного интеллекта. Он имеет большое количество библиотек и фреймворков, которые упрощают процесс разработки и позволяют быстро реализовывать решения.

*Python* позволяет использовать методы машинного обучения с помощью библиотеки *Scikit-learn*. Выбранная библиотека имеет простой и понятный интерфейс, хорошо документирована и предоставляет широкий спектр инструментов для решения задач регрессии.

Для предоставления доступа к базе данных была выбрана система управления базами данных (**СУБД**) *MySQL*. Она имеет множество ресурсов, бесплатна и может быть легко интегрирована с другими инструментами для машинного обучения.

В результате разработки будет создана СППР. Используя систему поддержки принятия решений, технологи имеют под рукой всю необходимую информацию и могут распределять ее гораздо более эффективным образом [4].

Основной функционал системы должен выполнять такие требования, как:

- работа с данными;
- выбор математической модели для обучения;
- выбор оптимизатора параметров математической модели;
- глубокая настройка параметров математической модели/оптимизатора параметров математической модели и сохранение их в базу данных;
- прогнозирование параметров процесса сварки.

Стартовое окно разработанной системы представлено на рис. 1. Данное окно предоставляет доступ к модулям «СППР Конфигуратор» и «СППР Работа».

«СППР Конфигуратор» позволяет настроить датасет, выбрать рабочую модель, настроить ее и обучить. Система поддерживает такие методы машинного обучения, как: *Linear Regression, ARD Regression, Ridge, Random Forest Regressor, Huber Regressor,*

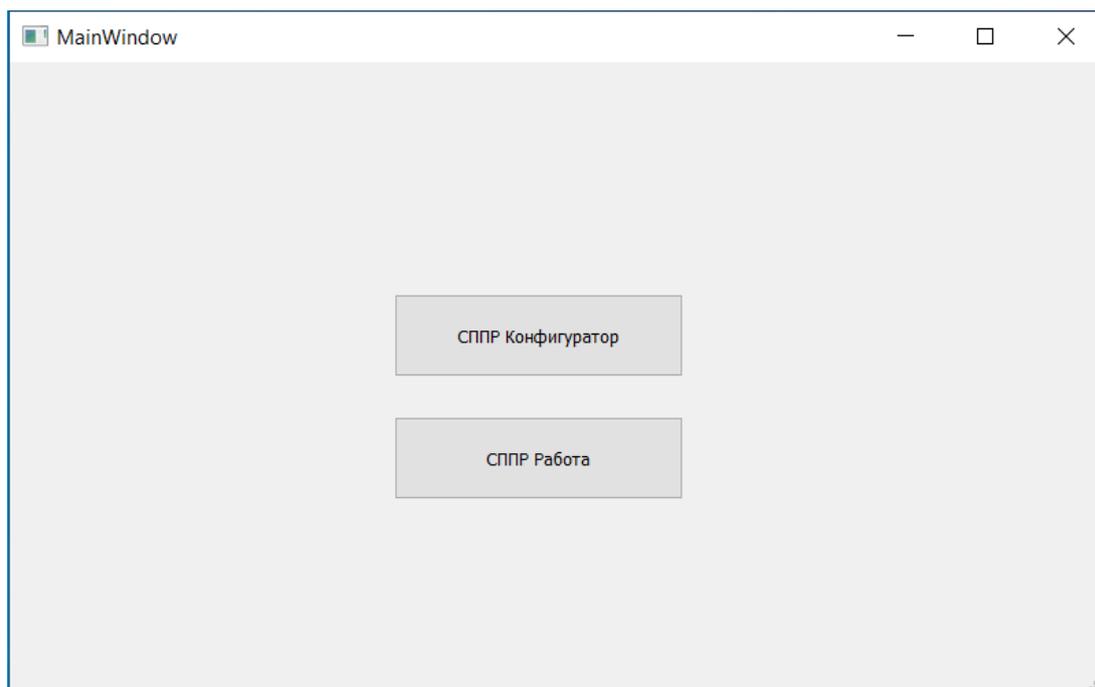


Рис. 1. Стартовый экран системы

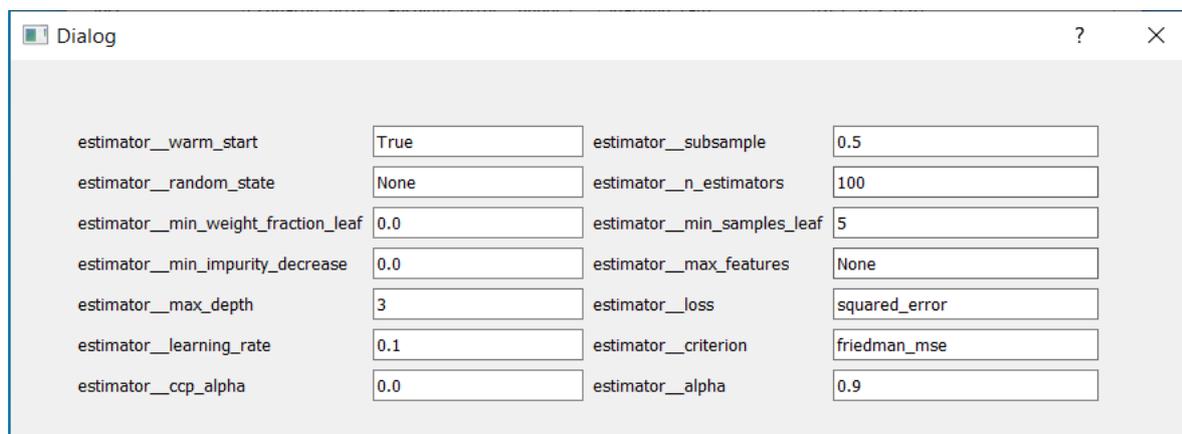


Рис. 2. Результат работы оптимизатора параметров *Random Search* для модели *Gradient Boosting Regression*

*Gradient Boosting Regressor*, *Extra Trees Regressor*, *K Neighbors Regressor*, *Decision Tree Regressor*, *MLP Regressor*. Кроме того, программа позволяет выбрать один из следующих оптимизаторов: *none* (без оптимизатора), *Bayes Serach CV*, *Random Search CV*.

«СППР Работа» отображает оценку точности модели и поля ввода и вывода параметров. Данный модуль позволяет выполнить предсказание и сохранить модель в базе данных.

В ходе экспериментальных исследований были подобраны оптимальные параметры математических моделей. Наиболее точной является модель *Gradient Boosting Regression*

с использованием оптимизатора *Random Search*. Оценка  $r^2$  данной модели составила: 0,9291270. Результат оптимизатора параметров *Random Search* представлен на рис. 2.

Наиболее эффективным оптимизатором является Bayes Search, так как он подобрал наилучшие параметры для семи из десяти математических моделей.

### Заключение

В результате исследования была разработана программная система, позволяющая определять технологические параметры процесса электронно-лучевой сварки. Представленная система может быть использована в производственных условиях для повышения качества сварочных работ, сокращения времени настройки процесса и уменьшения затрат на материалы.

### Литература

1. Моделирование электронно-лучевой сварки для определения параметров сварных соединений разнородных материалов / Г.Л. Пермяков, Т.В. Ольшанская, В.Я. Беленький, Д.Н. Трушников // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2013. – № 4. – С. 48–58.
2. Межевов, П.Н. Особенности электронно-лучевой сварки / П.Н. Межевов // Аллея науки. – 2022. – № 3. – С. 167–172.
3. Соколов, Ю.А. Особенности управления процессом электронно-лучевой сварки / Ю.А. Соколов, Н.В. Павлушин // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. – № 10. – С. 39–44.
4. Кравченко, Т.К. Создание систем поддержки принятия решений: интеграция преимуществ отдельных подходов / Т.К. Кравченко, Н.Н. Середенко // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – № 1. – С. 39–47.

### References

1. Modelirovaniye elektronno-luchevoy svarki dlya opredeleniya parametrov svarnykh soyedineniy raznorodnykh materialov / G.L. Permyakov, T.V. Ol'shanskaya, V.YA. Belen'kiy, D.N. Trushnikov // Vestnik PNIPU. Mashinostroyeniye, materialovedeniye. – 2013. – № 4. – S. 48–58.
2. Mezhevov, P.N. Osobennosti elektronno-luchevoy svarki / P.N. Mezhevov // Alleya nauki. – 2022. – № 3. – S. 167–172.
3. Sokolov, YU.A. Osobennosti upravleniya protsessom elektronno-luchevoy svarki / YU.A. Sokolov, N.V. Pavlushin // Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov. – 2022. – № 10. – S. 39–44.
4. Kravchenko, T.K. Sozdaniye sistem podderzhki prinyatiya resheniy: integratsiya preimushchestv ot del'nykh podkhodov / T.K. Kravchenko, N.N. Seredenko // Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy. – 2012. – № 1. – S. 39–47.

## Software System for Making Technological Decisions through Electron Beam Welding

V.S. Tynchenko, S.O. Kurashkin, E.S. Semenko, E.V. Shutkina

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** automation; DSS; electron beam welding; optimization; development.

**Abstract.** The purpose of this study is to increase the efficiency of control of the process of electro-beam welding (**EBW**) due to optimization of technological parameters.

The research objectives are to study the subject area; to conduct formalized analysis and reorganization of the process model; to select the means of implementation of model algorithmic and software; to develop a model algorithmic apparatus for forecasting technological parameters of the process of electron-beam welding; to develop a program for determination of technological parameters of EBW process on the basis of model-algorithmic apparatus of forecasting data of technological parameters.

The development of a technological decision support system for the ELS process will increase the efficiency of control of EBW of thin-walled structures by optimizing the technological parameters, as a result of which the quality of welded products and the number of rejects will be increased.

The software system was developed in the Python programming language using Bayes Search CV and Random Search CV optimizers. Experimental studies have shown that the most accurate is the Gradient Boosting Regression model using the Random Search optimizer. The  $r^2$  estimate for this model was 0.9291270. The most effective optimizer is Bayes Search: he selected the best parameters for 7 out of 10 mathematical models.

---

© В.С. Тынченко, С.О. Курашкин, Е.С. Семенкин, Е.В. Шуткина, 2023

УДК 338

## Макроэкономический подход к проблеме трудовых ресурсов

О.В. Воронкова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», г. Санкт-Петербург (Россия);*

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** макроэкономический анализ понятия и структуры трудовых ресурсов; структура трудовых ресурсов; трудовые ресурсы предприятия; фактор общественного производства.

**Аннотация.** Поскольку трудовые ресурсы предприятия являются ключевым фактором общественного производства, экономические результаты во многом зависят от степени эффективности их использования. С целью изучения взаимосвязи производственных результатов с эффективностью использования трудовых ресурсов произведен макроэкономический анализ понятия и структуры трудовых ресурсов. В результате применения методов анализа и сопоставления представлен макроэкономический подход к определению сущности и структуры трудовых ресурсов.

Общеизвестно, что трудовые ресурсы являются ключевым фактором для эффективного функционирования общественного производства. Они выступают в качестве основного ресурса любого коммерческого предприятия. Производственные результаты во многом зависят от степени эффективности их использования. Чтобы сформировать верное понимание о значении трудовых ресурсов для хозяйственной деятельности, осуществляемой предприятием, прежде всего необходимо изучить их сущность.

В существующих научных публикациях, посвященных проблеме эффективности использования трудового потенциала, авторами предлагаются различные определения термина «трудовые ресурсы», что в значительной степени усложняет выработку его единой содержательной характеристики.

Понятие «трудовые ресурсы» было введено академиком С.Г. Струмилиным в 20-х гг. XX века. Появление данной категории объясняется возникшими в то время потребностями, связанными с хозяйственным управлением и планированием экономики государства. Последующие несколько десятилетий для обоснования указанного термина учеными применялись демографический и статистический подходы. Под трудовыми ресурсами в тот период подразумевалась вся совокупность населения трудоспособного возраста.

Однако существовали и иные позиции относительно определения термина «трудовые ресурсы». Например, В.В. Гембровский писал в своих работах, что трудовые ресурсы составляют люди, занятые в непроизводственной сфере, а также рабочая сила. Под рабочей силой ученый подразумевал трудовой персонал, занятый в материальной сфере.

Доктор экономических наук С.И. Сотникова утверждает, что трудовые ресурсы представляют собой часть населения, обладающую определенными знаниями, умственными способностями и физическими возможностями, которые применимы в экономике [1].

Доктор экономических наук И.В. Новикова придерживается мнения о том, что трудовые ресурсы включают всех дееспособных людей, достигших трудоспособного возраста, которых возможно задействовать в экономике и трудовой деятельности [2].

По мнению В.З. Баликоева, к «трудовым ресурсам» относится все население страны в трудоспособном возрасте от 16 до 59 лет, со всем его образовательным, информационным, квалификационным потенциалом [3].

Профессор, доктор экономических наук А.Я. Кибанов считает, что трудовые ресурсы – это часть трудоспособного населения, которая обладает необходимыми для производства материальных услуг и благ интеллектуальными, физиологическими и психическими качествами. К трудовым ресурсам, по мнению ученого, относятся не только занятые в экономике, но и не занятые люди, способные осуществлять трудовую деятельность [4].

Мнение всех перечисленных выше авторов совершенно верно. Объединив предложенные ими определения рассматриваемого термина, можно получить следующую формулировку: трудовыми ресурсами называется часть населения, которая является потенциальной массой живого труда. Другими словами, трудовые ресурсы составляет население, обладающее профессиональными знаниями, квалификацией, способностями, культурными ценностями, образованием, физическим здоровьем, умственной активностью, которые можно применить в экономических целях.

Необходимо особо подчеркнуть, что в качестве значимой характеристики трудовых ресурсов может выступать далеко не вся потенциальная масса живого труда.

Трудоспособное население в любом государстве делится на две большие категории: экономически неактивное и экономически активное. Их соотношение во многом зависит от сложившихся демографических, политических, экономических, культурных и социальных условий.

Трудовые ресурсы можно рассматривать в качестве планово-учетной (возрастные и гендерные показатели) и экономической категории (интеллектуальные и физические возможности людей) [5].

Таким образом, для трудоспособного населения свойственны следующие признаки:

- сознательное стремление работать по найму, предложение своих профессиональных навыков на рынке труда;
- поиск других механизмов получения дохода и метода существования.

Процесс формирования трудовых ресурсов можно рассматривать в качестве:

- возмещения духовных и физических способностей человека посредством регулирования размера заработной платы;
- подготовки специалистов, включая обучение в образовательных учреждениях среднего и высшего звена, повышение уровня квалификации на производстве,

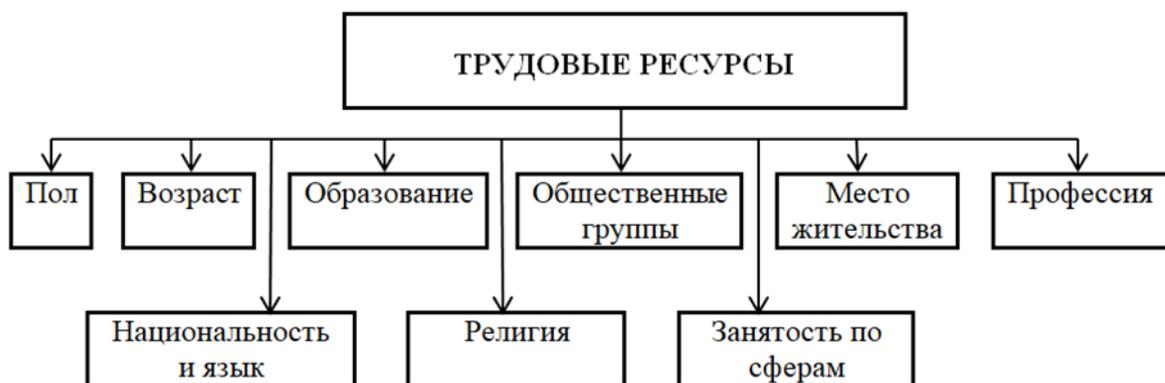


Рис. 1. Структура трудовых ресурсов

непосредственно на рабочем месте;

– демографического естественного воспроизводства населения (рождаемость, заключение брака, смертность).

Общая численность населения страны представляет собой основополагающий фактор для создания необходимых трудовых ресурсов. По этой причине демографические изменения, протекающие в обществе, во многом определяют возрастной и количественный состав трудовых ресурсов.

Население – совокупность людей, проживающих на определенной территории. Оно формируется в ходе естественных исторических процессов, возобновляется и развивается во время осуществления производственной деятельности.

Распределение отдельных индивидов по типологическим группам (профессиональной, образовательной, возрастной, половой) во многом зависит от состава и структуры проживающего в государстве населения (рис. 1).

Половой состав трудовых ресурсов в значительной степени влияет на процесс становления эффективной архитектуры занятости по различным профессиональным отраслям. Она определяется посредством учета соотношения женщин и мужчин, реализующих свою трудовую деятельность в существующих сферах занятости.

Проведение анализа структуры трудовых ресурсов обладает огромным значением для решения проблемы создания достаточного количества рабочих мест в экономике страны применительно к текущему состоянию рынка труда.

Уровень образования, профессиональные навыки, интеллектуальные возможности представляют собой основные качественные характеристики трудового потенциала, которые рассматриваются как человеческий капитал. Издержки, связанные с приобретением человеком необходимых умений и знаний, по сути, являются инвестициями в человеческий капитал. Подобные вложения можно считать целесообразными, только когда они предоставили возможность выйти на новый уровень доходов. В качестве инвесторов здесь выступают коммерческие предприятия, отдельные домохозяйства и все общество в целом.

### Литература

1. Сотникова, С.И. Управление персоналом организации: современные технологии: Учебник / С.И. Сотникова, Е.В. Маслов, Ю.А. Масалова // Под ред. С.И. Сотниковой 2-е изд., доп. и пер. – М. : РИОР ИНФРА-М, 2018. – 65 с.
2. Новикова, И.В. Стратегическое управление трудовыми ресурсами: Учебник / И.В. Новикова. – М. : КНОРУС, 2022. – 11 с.
3. Баликоев, В.З. Общая экономическая теория: Учебник / В.З. Баликоев. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 33 с.
4. Кибанов, А.Я. Управление персоналом организации: Учебник / А.Я. Кибанов, И.Е. Ворожейкин, И.А. Баткаева // Под ред. А.Я. Кибанова. – М. : ИНФРА-М, 2023. – С. 53–63.
5. Руткаускас, Т.К. Экономика организации (предприятия): Учебное пособие 2-е изд., перераб. и доп. / Т.К. Руткаускас. – Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2018. – 101 с.
6. Шарафутина, С.Ф. Анализ потребностей в рабочих специальностях, специалистах с высшим профессиональным образованием, востребованных на рынке труда АЗ РФ / С.Ф. Шарафутина // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 8(145). – С. 459–462.

### References

1. Sotnikova, S.I. Upravleniye personalom organizatsii: sovremennyye tekhnologii: Uchebnik / S.I. Sotnikova, Ye.V. Maslov, YU.A. Masalova // Pod red. S.I. Sotnikovoy 2-ye izd., dop. i per. – M. : RIOR INFRA-M, 2018. – 65 s.
2. Novikova, I.V. Strategicheskoye upravleniye trudovymi resursami: Uchebnik / I.V. Novikova. – M. : KNORUS, 2022. – 11 s.
3. Balikoyev, V.Z. Obshchaya ekonomicheskaya teoriya: Uchebnik / V.Z. Balikoyev. – M. : INFRA-M, 2022. – 33 s.
4. Kibanov, A.YA. Upravleniye personalom organizatsii: Uchebnik / A.YA. Kibanov, I.Ye. Vorozheykin, I.A. Batkayeva // Pod red. A.YA. Kibanova. – M. : INFRA-M, 2023. – С. 53–63.
5. Rutkauskas, T.K. Ekonomika organizatsii (predpriyatiya): Uchebnoye posobiye 2-ye izd., pererab. i dop. / T.K. Rutkauskas. – Yekaterinburg : UMTS UPI, 2018. – 101 s.
6. Sharafutina, S.F. Analiz potrebnostey v rabochikh spetsial'nostyakh, spetsialistakh s vysshim professional'nym obrazovaniyem, vostrebovannykh na rynke truda AZ RF / S.F. Sharafutina // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2022. – № 8(145). – S. 459–462.

---

### Macroeconomic Approach to the Problem of Labor Resources

O.V. Voronkova

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** labor resources of the enterprise; factor of social production;

structure of labor resources; macroeconomic analysis of the concept and structure of labor resources.

**Abstract.** Since the labor resources of an enterprise are a key factor of social production, economic results largely depend on the degree of efficiency of their use. In order to study the relationship of production results with the efficiency of the use of labor resources, a macroeconomic analysis of the concept and structure of labor resources was carried out. As a result of the application of analysis and comparison methods, a macroeconomic approach to determining the nature and structure of labor resources is presented.

---

© О.В. Воронкова, 2023

УДК 338

## Основные аспекты проблемы управления экологическими рисками в условиях значительных темпов роста нефтехимической промышленности США

В.Ю. Киреев

ООО «Айрон Трейд энд Консалтинг», г. Санкт-Петербург (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** нефтехимическая отрасль; темпы развития нефтехимической промышленности США; экологическая безопасность; экологические риски предприятий нефтехимической промышленности.

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам управления экологическими рисками в условиях значительного роста нефтехимической промышленности США. Актуальность темы обусловлена высокой степенью значимости проблемы обеспечения экологической безопасности в общемировом масштабе в ситуации возникновения потенциальных рисков загрязнения окружающей среды предприятиями динамично развивающейся отрасли нефтехимической промышленности отдельных стран. Исследование опыта США в данном контексте может быть полезно всему мировому сообществу. Целью исследования являются научно-теоретический анализ потенциальных экологических проблем, связанных со значительными темпами роста нефтехимической промышленности США, и выявление путей их преодоления. Автор на основе анализа экологической политики США, научно-теоретической литературы и статистических данных рассматривает и систематизирует экологические риски, связанные с нефтехимическими предприятиями Соединенных Штатов, а также выявляет пути их минимизации. Констатирует, что, являясь крупнейшей индустриальной державой с активно развивающейся нефтехимической отраслью, имеющей высокую экологическую нагрузку, Соединенные Штаты вынуждены взять курс на реализацию природоохранных программ международного и государственного уровней, дабы не стать причиной глобальной экологической катастрофы. В качестве вывода приводятся рекомендации по ужесточению нормативных требований и контроля за выбросами вредных веществ, разработке и внедрению инновационных технологий по обработке и утилизации отходов, повышению осведомленности и экологической

сознательности сотрудников, а также активному вовлечению предприятий нефтехимической отрасли в программы экологической сертификации и добровольные инициативы. Результаты исследования могут быть использованы при изучении проблематики управления рисками загрязнения окружающей среды нефтехимическими предприятиями, а также при создании комплексных программ и управленческих стратегий обеспечения экологической безопасности на предприятиях нефтехимической отрасли в США и других странах мира.

В настоящее время на фоне непредсказуемости общей геополитической ситуации и продолжающейся после пандемии нестабильности мировой экономики [13] нефтехимический экономический сектор признается одним из самых интенсивно развивающихся [10]. Темпы роста производств нефтехимической отрасли всего мира в 2022 г. составили 4,4 % [10], в свою очередь, США продемонстрировали сравнительно высокий показатель, составивший 27,4 %. Объем рынка нефтехимической отрасли Соединенных Штатов увеличивается быстрее, чем экономика государства в целом. В 2022 г. он составил 79,6 млрд долларов [11].

Основной тенденцией нефтехимической промышленности США в настоящее время является стабильный рост [11], что обусловлено высоким спросом на пластиковые изделия, упаковку, синтетические волокна и другие нефтепродукты, а также развитием горнодобывающей отрасли и использованием инновационных технологий. Кроме того, необходимо отметить, в 2022 г. инвестиции в нефтехимическую отрасль США продолжали расти. Многие компании осуществляют крупные инвестиции в строительство новых производственных мощностей и модернизацию существующих. Объем экспорта нефтехимической продукции из США также активно увеличивался в 2022 г. Крупные производители стремятся увеличить объемы поставок на мировой рынок, что способствует укреплению позиций США в международной торговле [11].

Таким образом, приведенные в статистических отчетах выводы свидетельствуют о наличии у Соединенных Штатов значительных темпов развития нефтехимической отрасли [10;11], характеризующейся высокой экологической нагрузкой на окружающую среду [3–8]. Соответственно, проблема обеспечения экологической безопасности в общемировом масштабе в ситуации возникновения рисков загрязнения окружающей среды предприятиями динамично развивающейся отрасли нефтехимической промышленности отдельных стран, в частности США, становится весьма актуальной. Соответственно, рассмотрение основных аспектов управления экологическими рисками на примере Соединенных Штатов может быть полезно всему мировому сообществу. Целью нашего исследования являются научно-теоретический анализ потенциальных экологических проблем, связанных со значительными темпами роста нефтехимической промышленности США, и выявление путей их преодоления.

В первую очередь рассмотрим и структурируем ключевые экологические риски нефтехимической отрасли США. В современной научной литературе достаточно широко представлены вопросы, связанные с отдельными видами экологических проблем нефтехимических предприятий [3–8], однако они до сих пор нуждаются в дополнительной дифференциации и обобщении. Поэтому мы классифицировали экологические риски нефтехимической промышленности Соединенных Штатов Америки в соответствии с обуславливаю-

**Таблица 1.** Основные экологические риски, связанные с развитием нефтехимической промышленности США

Наименование	Обуславливающие факторы и последствия
Утечки и разливы нефтепродуктов	Подземные и поверхностные утечки нефтепродуктов при производстве, транспортировке и хранении могут привести к загрязнению почвы, воды и воздуха, а также нанести серьезный ущерб экосистемам и здоровью людей
Выбросы парниковых газов	Нефтехимическая отрасль США является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, таких как двуокись углерода (CO <sub>2</sub> ) и метан (CH <sub>4</sub> ). Эти выбросы вносят значительный вклад в изменение климата и провоцируют глобальное потепление. Сегодня Соединенные Штаты наряду с Китаем являются крупнейшими источниками выбросов CO <sub>2</sub> в атмосферу по данным <i>Climate Watch</i> , опубликованным в 2023 г. Объем выбросов в 2020 г. (завершающем в отчете) составил 4 320 533 тысяч тонн. Для сравнения в России – 1 618 271 тысяч тонн, во всем Европейском Союзе 2 465 025 тысяч тонн, в Китае – 10 944 686 тысяч тонн [9]
Отходы и загрязнение воды	Процессы производства нефтепродуктов включают использование и выбросы опасных химических веществ, которые могут попадать в водные источники и загрязнять их. Это может иметь негативное влияние на морскую и пресную экосистемы, в том числе на рыбу и диких животных
Риски при транспортировке	Транспортировка нефтепродуктов через море, реки и трубопроводы представляет серьезные риски для экологической безопасности. Несчастные случаи и аварии могут привести к разливам нефти в водные и прибрежные зоны, повреждению природы и угрозе здоровью человека
Повышенное потребление энергии и использование нефтепродуктов	Высокое потребление энергии и использование нефтепродуктов в различных отраслях экономики США способствуют усилению давления и негативного влияния на природу и окружающую среду. Это может приводить к истощению природных ресурсов и дестабилизации экосистем. <i>WWF</i> подсчитал, что если бы все страны Земли расходовали бы энергию и нефтепродукты в пересчете на душу населения, как США, то понадобилось бы пять планет для сохранения популяции [2]
Недостаточная нормативно-законодательная база	В некоторых случаях законы и нормы не обеспечивают полную защиту окружающей среды от негативного влияния нефтехимической отрасли. Так, например, в начале XXI века США подвергались жесткой критике со стороны мировой общественности за то, что не ратифицировали на своем уровне Киотский протокол, являющийся в то время значительным инструментом по профилактике глобального изменения климата. Документ определял обязательства по сокращению опасных выбросов в атмосферу. После того, как Россия в 2004 г. ратифицировала данный протокол, он вступил в силу для всего мирового сообщества, но был проигнорирован администрацией президента США (Дж. Буша младшего). Экологическая политика Соединенных Штатов исторически складывалась в ситуации острого противостояния общественных экологических движений и представителей бизнеса, причем зачастую не в пользу первых [2; 8]

щими их факторами и негативными экологическими последствиями. В табл. 1 представлены основные экологические риски, связанные с развитием нефтехимической промышленности США.

Таким образом, выявление и структурирование экологических рисков позволяют обозначить основные векторы деятельности по их минимизации на всех уровнях управления:

от государственного до организационного.

Во-первых, на государственном уровне необходимо взять курс на обеспечение экологической безопасности и ужесточение требований к предприятиям нефтехимической промышленности. В США законодательство по обеспечению экологической безопасности нефтехимических предприятий регулируется несколькими ключевыми актами. Одним из основных законов на федеральном уровне является Закон об обеспечении чистой водой (*Clean Water Act*). Этот закон устанавливает требования к стандартам очистки сточных вод, предельно допустимым выбросам загрязняющих веществ в водные источники, а также утверждает обязательное получение разрешений на выбросы от предприятий, включая нефтехимические. Еще одним важным законом является Закон об управлении опасными отходами (*Resource Conservation and Recovery Act*), который регулирует процесс хранения, транспортировки и утилизации опасных отходов, включая токсичные вещества, используемые на нефтехимических предприятиях. Также значительную роль в обеспечении экологической безопасности играют федеральные агентства, такие как Агентство по защите окружающей среды (*EPA*) и Агентство по охране природных ресурсов (*US Fish and Wildlife Service*) [12]. Агентства разрабатывают и осуществляют стратегии по предотвращению загрязнения окружающей среды и защите фауны и флоры.

Одним из примеров экологически позитивных изменений в законодательстве является принятие в 2015 г. Закона о промышленных выбросах (*Industrial Emissions Law*). Данный закон ужесточает требования к предприятиям, включая нефтехимические, по контролю выбросов опасных веществ в атмосферу. Кроме того, он предусматривает ужесточение наказаний и штрафов за нарушение экологических требований. Еще одним важным изменением было введение в 2016 г. требований к обязательному плану предотвращения аварий (*Accident Prevention Plan*) для нефтехимических предприятий. Эти требования были введены в ответ на серию серьезных аварий на подобных предприятиях и направлены на минимизацию риска аварийных ситуаций и защиту окружающей среды. В целом, государственная политика в США нацелена на ужесточение норм и требований к нефтехимическим предприятиям в целях обеспечения экологической безопасности и предотвращения потенциальных аварийных ситуаций. Однако конкретные изменения в законодательстве могут происходить с течением времени и отражать изменение приоритетов и технологий в отрасли [2; 6; 8].

Во-вторых, необходимо постоянное улучшение системы мониторинга и контроля выбросов вредных веществ в атмосферу. Предприятия должны установить современные системы очистки и фильтрации выхлопных газов, а также регулярно проводить анализ выбросов [1; 3; 4; 7].

В-третьих, требуется внедрение инновационных технологий энергосбережения и повышения эффективности производства. Предприятия должны стремиться к использованию более эффективных процессов и оборудования, чтобы снизить потребление энергии и использование ресурсов [5]. Нефтехимическая отрасль США продолжает активно инвестировать в исследования и разработки новых технологий и материалов. Главная цель в этой области – сокращение экологического влияния отрасли и создание более устойчивых и эффективных продуктов. Разработка новых высокопроизводительных полимерных материалов и разработки в области переработки отходов – важные направления современных исследований [12].

В-четвертых, необходимо сокращение использования опасных химических веществ. Предприятия должны искать альтернативные, менее вредные источники сырья для своих производственных процессов и продуктов. Нефтехимическая отрасль США активно рабо-

тает над созданием экологически устойчивых решений. Многие компании внедряют технологии продукции на базе возобновляемых источников энергии, а также разрабатывают способы переработки пластиковых отходов и снижение выбросов вредных веществ [11; 12].

В-пятых, на уровне каждого предприятия необходимо обеспечить и контролировать применение современных методов утилизации отходов. Предприятия должны устанавливать специальные системы для переработки и утилизации отходов, чтобы предотвратить их попадание в окружающую среду.

Шестым, немаловажным аспектом является повышение осведомленности и образования сотрудников. Предприятиям необходимо проводить регулярные тренинги и обучение сотрудников по вопросам экологической безопасности, чтобы все работники были осведомлены о необходимости соблюдения экологических стандартов.

В завершение списка отметим, что в целях эффективного управления экологическими рисками предприятия должны при разработке стратегии устойчивого развития определить свои цели и планы по улучшению экологической безопасности и интегрировать их в общую стратегию развития компании [4].

Кроме того, отдельным и обязательным элементом комплекса решений по обеспечению экологической безопасности предприятий нефтехимической отрасли является сотрудничество с государственными и негосударственными организациями по защите окружающей среды. Предприятиям необходимо активно участвовать в программах и инициативах, направленных на улучшение экологической безопасности, и взаимодействовать с органами власти и общественными организациями.

Таким образом, резюмируя вышесказанное, важно отметить, что, являясь крупнейшей индустриальной державой с активно развивающейся нефтехимической отраслью, Соединенные Штаты вынуждены взять курс на реализацию природоохранных программ международного и государственного уровней, дабы не стать причиной глобальной экологической катастрофы. Ключевыми решениями в данном контексте являются: ужесточение нормативных требований и контроля за выбросами вредных веществ, разработка и внедрение инновационных технологий по обработке и утилизации отходов, повышение осведомленности и экологической сознательности сотрудников, а также активное вовлечение предприятий нефтехимической отрасли в программы экологической сертификации и добровольные инициативы.

Результаты исследования могут быть использованы при изучении проблематики управления рисками загрязнения окружающей среды нефтехимическими предприятиями, а также при создании комплексных программ и управленческих стратегий обеспечения экологической безопасности на предприятиях нефтехимической отрасли в США и других странах мира.

## Литература

1. Воронкова, О.В. Актуальность внедрения и сегментация рынка потребителей комплексов экологического мониторинга акваторий / О.В. Воронкова // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2017. – № 6(72). – С. 115–119.
2. Гарусова, Л.Н. Политика и законодательство США в экологической сфере / Л.Н. Гарусова, У.Ю. Курьянова // Труды института истории, археологии и этнографии ДВО РАН. – 2019. – Т. 24. – С. 147–160.
3. Киреев, В.Ю. Оценка потенциальных рисков и угроз деятельности нефтеперерабатывающих предприятий / В.Ю. Киреев // Актуальные исследования. – 2023. – № 8(138). –

С. 88–93.

4. Киреев, В.Ю. Система управления качеством на предприятиях нефтяной и газовой отрасли / В.Ю. Киреев // *Инновации и инвестиции*. – 2023. – № 2. – С. 279–281.

5. Кудрявцева, С.С. Экологические инновации предприятий нефтехимической промышленности в достижении целей устойчивого развития / С.С. Кудрявцева // *Современные наукоемкие технологии*. – 2020. – № 8. – С. 51–56.

6. Лаврова, Е.В. Международная практика государственного управления в сфере охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности / Е.В. Лаврова // *Устойчивое развитие: состояние, проблемы, перспективы : материалы международного симпозиума, 2020*. – С. 98–102.

7. Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам 2-й Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов : Амирит, 2020. – 284 с.

8. Ярыгин, Г.О. Проблемы экологической безопасности в политике США, Канады и Европейского союза : специальность 23.00.04 «Политические проблемы международных отношений, глобального и регионального развития» : диссертация на соискание ученой степени кандидата политических наук / Г.О. Ярыгин. – Санкт-Петербург, 2007. – 180 с.

9. Climate Watch Historical GHG Emissions (1990–2020), 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?name\\_desc=true&locations=US](https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?name_desc=true&locations=US).

10. Petrochemical industry worldwide – statistics and facts [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.statista.com/topics/8418>.

11. Petrochemical Manufacturing in the US – Market Size 2004–2029 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ibisworld.com/industry-statistics/market-size/petrochemical-manufacturing-united-states>.

12. U.S. Environmental Protection Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.epa.gov>.

13. Voronkova, O.V. Factors of Macroeconomic Instability in the Context of the Pandemic / O.V. Voronkova // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2021. – No. 7(61). – P. 29–31.

## References

1. Voronkova, O.V. Aktual'nost' vnedreniya i segmentatsiya rynka potrebiteley kompleksov ekologicheskogo monitoringa akvatoriy / O.V. Voronkova // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. – M. : TMBprint. – 2017. – № 6(72). – С. 115–119.

2. Garusova, L.N. Politika i zakonodatel'stvo SSHA v ekologicheskoy sfere / L.N. Garusova, U.YU. Kur'yanova // *Trudy instituta istorii, arkhologii i etnografii DVO RAN*. – 2019. – T. 24. – С. 147–160.

3. Kireyev, V.YU. Otsenka potentsial'nykh riskov i ugroz deyatel'nosti neftepererabatyvayushchikh predpriyatiy / V.YU. Kireyev // *Aktual'nyye issledovaniya*. – 2023. – № 8(138). – С. 88–93.

4. Kireyev, V.YU. Sistema upravleniya kachestvom na predpriyatiyakh neftyanoy i gazovoy otrasli / V.YU. Kireyev // *Innovatsii i investitsii*. – 2023. – № 2. – С. 279–281.

5. Kudryavtseva, S.S. Ekologicheskiye innovatsii predpriyatiy neftekhimicheskoy promyshlennosti v dostizhenii tseley ustoychivogo razvitiya / S.S. Kudryavtseva // *Sovremennyye*

naukoyemkiye tekhnologii. – 2020. – № 8. – S. 51–56.

6. Lavrova, Ye.V. Mezhdunarodnaya praktika gosudarstvennogo upravleniya v sfere okhrany okruzhayushchey sredy i obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti / Ye.V. Lavrova // Ustoychivoye razvitiye: sostoyaniye, problemy, perspektivy : materialy mezhdunarodnogo simpoziuma, 2020. – S. 98–102.

7. Ekologicheskii monitoring opasnykh promyshlennykh ob»yektov: sovremennyye dostizheniya, perspektivy i obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti naseleniya: sbornik nauchnykh trudov po materialam 2-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Saratov : Amirit, 2020. – 284 s.

8. Yarygin, G.O. Problemy ekologicheskoy bezopasnosti v politike SSHA, Kanady i Yevropeyskogo soyuza : spetsial'nost' 23.00.04 «Politicheskiye problemy mezhdunarodnykh otnosheniy, global'nogo i regional'nogo razvitiya» : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata politicheskikh nauk / G.O. Yarygin. – Sankt-Peterburg, 2007. – 180 s.

9. Climate Watch Historical GHG Emissions (1990–2020), 2023 [Electronic resource]. – Access mode : [https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?name\\_desc=true&locations=US](https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?name_desc=true&locations=US).

10. Petrochemical industry worldwide – statistics and facts [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.statista.com/topics/8418>.

11. Petrochemical Manufacturing in the US – Market Size 2004–2029 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.ibisworld.com/industry-statistics/market-size/petrochemical-manufacturing-united-states>.

12. U.S. Environmental Protection Agency [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.epa.gov>.

---

### Main Aspects of the Problem of Environmental Risk Management in the Context of Significant Growth Rates of the US Petrochemical Industry

V.Yu. Kireev

*Iron Trade and Consulting LLC, Saint-Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** petrochemical industry; the pace of development of the US petrochemical industry; environmental risks of petrochemical industry enterprises; environmental safety.

**Abstract.** The article is devoted to the issues of environmental risk management in the context of significant growth of the US petrochemical industry. The relevance of the topic is due to the high degree of significance of the problem of ensuring environmental safety on a global scale in the situation of potential risks of environmental pollution by enterprises in the dynamically developing petrochemical industry of individual countries. A study of the US experience in this context can be useful to the entire world community. The purpose of the study is to provide a scientific and theoretical analysis of potential environmental problems associated with the significant growth rates of the US petrochemical industry and to identify ways to overcome them. Through the analysis of US environmental policy, scientific and theoretical literature and statistical , the author examines and systematizes the environmental risks associated with petrochemical enterprises in the United States, and also identifies ways to minimize them. It

states that, being a major industrial power with an actively developing petrochemical industry with a high environmental burden, the United States is forced to take a course towards implementing environmental programs at the international and state levels so as not to become the cause of a global environmental catastrophe. As a conclusion, recommendations are provided for tightening regulatory requirements and control over emissions of harmful substances, developing and implementing innovative technologies for waste treatment and disposal, increasing awareness and environmental consciousness of employees, as well as the active involvement of petrochemical enterprises in environmental certification programs and voluntary initiatives. The results of the study can be used in studying the problems of managing the risks of environmental pollution by petrochemical enterprises, as well as in creating comprehensive programs and management strategies to ensure environmental safety at petrochemical enterprises in the United States and other countries of the world.

---

© В.Ю. Киреев, 2023

УДК 338

## Экономические критерии, которые необходимо учитывать при планировании промышленных кластеров в Ираке

Насер Мухаммед Хусейн Насер

*ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** промышленное планирование; промышленные кластеры; промышленный клуб; экономические и технические критерии; экономическое развитие.

**Аннотация.** Создание планово-промышленных кластеров является одним из передовых направлений планирования и промышленного проектирования, что находит отражение в развитии промышленного сектора. В данной статье рассматривается определение основных этапов подготовки планов промышленных кластеров в Ираке, способствующих проектам локализации различных производств, путем определения комплекса экономических и технических основ и критериев. Также учитываются возможность использования стандартов в прикладных исследованиях, подготовленных на местах, при создании интегрированных промышленных кластеров с целью организации отрасли и формирования интегрированной базы данных и информации, построение сети взаимосвязанных производств и создание соответствующих условий для модернизации и развития действующих производств.

### Введение

Промышленный рост имеет экономическую целесообразность и положительно влияет на общую экономическую активность в стране. Ввиду ограничений, наложенных на капитал, доступный большинству развивающихся стран, и многочисленных требований и потребностей в нем разработка промышленной политики, направленной на создание промышленных кластеров в одном или нескольких местах, может быть лучше. Формирование промышленных кластеров в Ираке в настоящее время является одной из целей Министерства промышленности и полезных ископаемых Ирака, а промышленные кластеры считаются одним из наиболее важных экономических проектов, принятых министерством с целью развития промышленного сектора в Ираке. Промышленный сектор считается одним из самых экономических секторов, вмещающих рабочую силу различного техни-

ческого и научного уровня. Это также шаг к поощрению частного сектора, к созданию малых и средних предприятий, обслуживающих национальную экономику. Эти промышленные кластеры добьются успеха в свете использования эффективных принципов и стандартов планирования, которые подтолкнут эти промышленные кластеры к местной, региональной и даже международной конкуренции.

Важность данной статьи можно определить исходя из необходимости и роли промышленных кластеров в экономике Ирака как ядра для привлечения отечественных и иностранных инвестиций в различные виды промышленной деятельности, а также рассматривая его как один из экономических инструментов, способствующих развитию экономики. Он также фокусируется на прикладной стороне, поскольку определяет наиболее важные (технические и экономические) стандарты и основы, которые необходимо учитывать при планировании промышленных кластеров в Ираке.

Цели статьи следующие:

- определение основных этапов подготовки планов промышленных кластеров, которые помогут в локализации различных отраслей;
- определение технико-экономических основ и критериев, классифицируемых на основе включения в них группы основных элементов и подэлементов, а также возможности использования этих критериев и основ в прикладных исследованиях при создании интегрированных промышленных кластеров с целью организации производства и формирования базы данных и информации о ней.

В данной статье предполагается, что создание плановых промышленных кластеров является одной из последних тенденций в планировании и промышленном дизайне с целью достижения лучшего положения для промышленного сектора и повышения уровня эффективности производства для проектов, созданных в рамках кластеров, и привлечения инвестиционной активности для них, что отражает достижение непрерывных темпов экономического роста в экономике Ирака.

### Промышленные кластеры в Ираке

План развития Ирака не был очень удачным в пространственном распределении промышленных проектов. В нем не учитывались требования пространственного развития, что является одним из условий успеха промышленных кластеров. В нем не было удачного распределения проектов развития в иракские города. Дефекты процесса планирования явно проявились в городе Багдаде, на который приходилась наибольшая доля производств и учреждений, загрязняющих окружающую среду, и это само по себе пренебрегало важнейшими требованиями устойчивого развития, представленными справедливым распределением плодов развития между регионами [1].

Промышленный сектор Ирака после 2003 г. и до сих пор сталкивался с неестественными условиями, которые привели к отсталости этого сектора. Это проявляется в его низком вкладе в валовой внутренний продукт и в занятость [2].

Таким образом, промышленный сектор не сыграл никакой эффективной роли в процессе всестороннего экономического развития и решении структурных диспропорций и проблем, от которых страдает иракская экономика, особенно в связи с высоким уровнем безработицы, бедности и отсталости.

Сменявшие друг друга иракские правительства после 2003 г. стремились воспользо-

ваться опытом промышленных кластеров успешных стран и развивали уже существующие в различных областях, но они не достигли уровня, поставленного другими развитыми странами, добившимися больших успехов в этой области. В Ираке не хватает большинства требований и основных критериев с точки зрения организации, пространства и услуг [3]. И направления правительства в настоящее время – идея создания и поддержки промышленных кластеров, их публикации и распространения во всех частях Ирака с 2005 г., поскольку отдел промышленных кластеров занимается определением полученных земель для их создания, и последующая работа по приватизации этих земель в координации с компетентными министерствами. В 2007 г. идея и характер работы отдела изменились и стали включать техническую, административную и финансовую поддержку для активизации этого жизненно важного проекта в координации с другими компетентными государственными учреждениями. Работа над этой идеей продолжалась до 2018 г. посредством первого чтения Закона о промышленных городах в Ираке и формирования вышестоящих комитетов в составе соответствующих органов, таких как Министерство промышленности, Министерство планирования, Министерство муниципалитетов, Министерство жилья и строительства, Министерство электроэнергетики, Инвестиционное управление и Главное управление промышленного развития с целью работы над созданием промышленных кластеров, основанных в основном на промышленности как на экономической базе. Создание промышленных кластеров является экономическим требованием в связи с его важной ролью в создании привлекательной инвестиционной среды для промышленных инвестиций и достижением конкурентоспособности и экономического развития Ирака в целом.

В рамках будущей перспективы и стратегии страны подготовлены технико-экономические обоснования группы промышленных кластеров в Ираке. Подготовлены рабочие проекты по современным стандартам в ряде городов, например, г. Басра в районе Хораз-Зубайр, города Ди-Кар, Анбар и Ниневия, а также город Багдад в районе Нахраван и город Наджаф. Целью создания этих кластеров являются развитие и управление промышленными кластерами в соответствии с современным опытом с целью поощрения и расширения частных инвестиций, укрепления потенциала национальной экономики, привлечения иностранных инвестиций, создания рабочих мест, достижения устойчивого развития, снижения производственных затрат, с одной стороны, организация производственного процесса существующих производств и повышение конкурентоспособности, с другой стороны [4].

### **Экономические эффекты инвестирования в промышленные кластеры**

Инвестиции в промышленные кластеры представляют собой мощный стимул для промышленной деятельности, и эти инвестиции влияют на использование имеющихся ресурсов, существующие местные отрасли промышленности, размер рабочей силы и окружающую среду. Наиболее важные экономические последствия создания промышленных кластеров могут быть представлены следующим образом [5].

1. Использование имеющихся ресурсов: многие отрасли в значительной степени зависят от имеющихся местных экономических ресурсов в качестве исходных материалов для своих производственных процессов, например, пищевая, текстильная и другие отрасли промышленности.

2. Промышленная взаимозависимость между разными отраслями: она достигает промышленной взаимозависимости путем создания и активизации сети постоянных отношений обмена и сотрудничества между крупными промышленными проектами; закрепление принципа специализации в выполнении работ в производственных и обслуживающих учреждениях таким образом, чтобы максимизировать взаимные выгоды сети учреждений, возникающих в результате промышленных кластеров.

3. Увеличение численности местной рабочей силы в промышленном секторе: создание промышленных кластеров является ключевым фактором увеличения объема местной занятости и решения проблем безработицы и низкого уровня жизни.

### **Экономические аспекты планирования промышленных кластеров в Ираке**

Экономические аспекты планирования промышленных кластеров представляют собой набор основ и принципов, которые можно резюмировать следующим образом [6].

1. Применение замкнутой системы, которая является экономической моделью, для планирования промышленных зон путем проектирования промышленных кластеров, которые будут созданы, как если бы они были интегрированной цепью между ними посредством повторного использования и управления экономическими ресурсами между промышленными предприятиями и компаниями в пределах промышленных кластеров и сохранения ресурсов, не тратя впустую имеющуюся энергию.

2. Распределение экономической и производственной деятельности при планировании промышленных кластеров таким образом, чтобы добиться разнообразия и служить взаимодействию друг с другом.

3. Применение принципа интеграции производственных выгод путем разделения этих кластеров на группы на основе промышленной производственной деятельности для облегчения процесса перехода и обмена промышленными выгодами между ними для снижения экономических издержек.

### **Экономические и технические критерии, которые необходимо учитывать при планировании промышленных кластеров в Ираке**

Существует набор экономических и технических критериев, которые играют эффективную роль в успехе процесса развития, особенно в успехе промышленных кластеров. Эти критерии и принципы можно использовать в прикладных исследованиях на местах или при создании промышленных кластеров в Ираке. Эти принципы и критерии можно резюмировать следующим образом [7].

1. Первый критерий. Размещение промышленных комплексов, то есть определение места (географического положения) для создания промышленных кластеров, в том числе выбор оптимального места размещения промышленного предприятия путем принятия теорий размещения, а ведь выбор мест промышленного кластера должен основываться на научных исследованиях, так обстоят дела с любым экономическим проектом, тем более, что выбор оптимального места является одним из важнейших факторов для успеха промышленных кластеров [8].

2. Второй критерий. Градостроительное проектирование промышленных комплексов. Градостроительное проектирование промышленных кластеров считается многосистемным

подходом, решающим сложные и разнообразные градостроительные задачи промышленных кластеров, связывающим создаваемые городские объекты с движением транспорта, коммуникации, а также с другими аспектами планирования.

3. Третий критерий. Промышленная интеграция в рамках промышленных кластеров. Одним из важнейших требований для успеха создания промышленных кластеров являются активизация промышленной интеграции между различными отраслями внутри этих кластеров и необходимость их соответствия целям стратегии создания промышленных кластеров, что выражается в устойчивости промышленного сектора и обеспечении всех его потребностей. Важнейшими базовыми и вспомогательными элементами промышленной интеграции при создании промышленных кластеров являются:

- учет при определении площади каждой промышленной деятельности для будущего расширения и увеличения ее поглощающей способности, будь то за счет производственной деятельности или потребности в сырье;
- синтез производственной деятельности, сходный с точки зрения его потребности в сырье.

4. Четвертый критерий. Услуги в рамках промышленных кластеров. Необходимо обеспечить промышленные кластеры интегрированной средой с точки зрения экономических, социальных и экологических услуг, чтобы обеспечить национальную экономику сельскохозяйственными и промышленными проектами и другими конкурентоспособными направлениями производства в региональные и международные рынки.

5. Пятый критерий. Планирование коммунальных сетей и источников энергии. Управление коммунальными услугами является широкой и междисциплинарной областью, которая связана с процессом координации различных действий между зданиями, людьми, построенной инфраструктурой, службами и источниками энергии, воды и дренажа в целях гармонизировать услуги, переплетенные друг с другом, и продлить срок службы активов и услуг, а также добиться максимальной эффективности использования.

### Заключение

Сменявшие друг друга иракские правительства после 2003 г. перенимали опыт создания, формирования и развития промышленных кластеров, но они не достигли уровня развитых стран, добившихся больших успехов в этой области, поскольку промышленные кластеры в Ираке не соответствуют большинству основных требований и стандартов с точки зрения организации, пространства и услуг.

Таким образом, это исследование привело к следующему набору рекомендаций:

- необходимость принятия стратегии, направленной на развитие отрасли, включая выделение подходящих помещений с точки зрения местоположения, объектов и требований промышленно-производственной деятельности;
- разработка рабочих механизмов, которые будут развивать и активировать взаимодополняющие отношения между экономическими и промышленными институтами, исследовательскими центрами и научными организациями с учетом экологического аспекта для достижения устойчивого развития;
- совместная координация между органами исполнительной и законодательной власти и серьезная работа по согласованию со всеми соответствующими органами в целях ускорения доработки законодательства специального закона о промышленных кластерах,

с разработкой специальных инструкций по содействию реализации этого закона в Ираке;

- обеспечение предоставления поощрительных банковских услуг для частного местного инвестиционного сектора в партнерстве с государственным сектором или иностранными инвесторами в совместных промышленных проектах;
- работать над локализацией промышленных технологий и предоставлением элементов технологической среды для ускорения производственного процесса, повышения эффективности производства и улучшения качества местного продукта, чтобы он мог конкурировать с импортным продуктом.

### Литература

1. Идан, Э.Х. Показатели устойчивости процесса экономического развития в Ираке : докторская диссертация / Э.Х. Идан. – Багдадский университет, Колледж управления и экономики, 2014. – С. 66–67.
2. Замил, С.М. Детерминанты конкурентоспособности производственного сектора в Ираке / С.М. Замил // Журнал экономических наук. – Университет Басры. – 2020. – Т. 14. – Вып. 57. – С. 22–27.
3. Замил, С.М. Тенденции повышения эффективности промышленных проектов в Ираке : кандидатская диссертация / С.М. Замил. – М. : Московский государственный университет, 2013. – С. 78–79.
4. Насер Мухаммед Хуссейн Насер. Формирование и развитие промышленных кластеров в Ираке / Насер Мухаммед Хуссейн Насер, Ю.В. Соловьева // Reports Scientific Society. – 2023. – № 4. – С. 40.
5. Совет представителей Ирака. Закон о промышленных городах. Комитет по экономике и инвестициям, 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ar.parliament.iq/2019/05/02>.
6. Glaeser, E. Growth in Cities / E. Glaeser // Journal of Political Economy, 1999. – P. 210–211.
7. Аль-Кураиши, М.К. Промышленная экономика, Дар Ваэль для публикации и распространения / М.К. Аль-Кураиши. – Иордания : Амман, 2000 г. – С. 34–37.

### References

1. Idan, E.KH. Pokazateli ustoychivosti protsesssa ekonomicheskogo razvitiya v Irake : doktorskaya dissertatsiya / E.KH. Idan. – Bagdadskiy universitet, Kolledzh upravleniya i ekonomiki, 2014. – S. 66–67.
2. Zamil, S.M. Determinanty konkurentosposobnosti proizvodstvennogo sektora v Irake / S.M. Zamil // Zhurnal ekonomicheskikh nauk. – Universitet Basry. – 2020. – T. 14. – Vyp. 57. – S. 22–27.
3. Zamil, S.M. Tendentsii povysheniya effektivnosti promyshlennykh proyektov v Irake : kandidatskaya dissertatsiya / S.M. Zamil. – M. : Moskovskiy gosudarstvennyy universitet, 2013. – S. 78–79.
4. Naser Mukhammed Khusseyyn Naser. Formirovaniye i razvitiye promyshlennykh klasterov v Irake / Naser Mukhammed Khusseyyn Naser, YU.V. Solov'yeva // Reports Scientific Society. – 2023. – № 4. – S. 40.

5. Sovet predstaviteley Iraka. Zakon o promyshlennykh gorodakh. Komitet po ekonomike i investitsiyam, 2019 g. [Electronic resource]. – Access mode : <https://ar.parliament.iq/2019/05/02>.

7. Al'-Kuraishi, M.K. Promyshlennaya ekonomika, Dar Vael' dlya publikatsii i rasprostraneniya / M.K. Al'-Kuraishi. – Iordaniya : Amman, 2000 g. – S. 34–37.

---

### Economic Criteria to Consider When Planning Industrial Clusters in Iraq

Nasser Muhammad Hussein Nasser

*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** economic and technical criteria; industrial clusters; economic development; industrial tangle; industrial planning.

**Abstract.** The creation of planned industrial clusters is one of the advanced areas of planning and industrial design, which is reflected in the development of the industrial sector. This article discusses the definition of the main stages in the preparation of plans for industrial clusters in Iraq, contributing to localization projects of various industries, by determining a set of economic and technical foundations and criteria, and the possibility of using standards in applied research prepared on the ground when creating integrated industrial clusters in order to organize the industry and form an integrated database and information, build a network of interconnected industries and create appropriate conditions for the modernization and development of existing industries.

---

© Насер Мухаммед Хусейн Насер, 2023

УДК 339.137.2

## Основные факторы конкурентоспособности предприятия и методы их усиления

Д.А. Горбатов, К.А. Новоженин

*НОЧУ ВО «Московский финансово-промышленный университет «Синергия», г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** конкурентная стратегия; конкурентоспособность; конкуренция; факторы конкурентоспособности.

**Аннотация.** В статье сформировано определение конкурентоспособности предприятия, представленное специалистами в узком и широком смысле. Рассмотрены основные факторы конкурентоспособности предприятия и методы их усиления. Одним из таких важных методов усиления является внедрение на предприятии стратегии конкурентного ценообразования как метода усиления конкуренции. Цель статьи – рассмотреть основные факторы конкурентоспособности предприятия и методы их усиления. К задачам исследования отнесены: 1) изучить сущность и понятие конкурентоспособности предприятия; 2) проанализировать и выделить факторы конкурентоспособности предприятия; 3) охарактеризовать методы усиления факторов конкурентоспособности. Гипотеза исследования: современные факторы конкурентоспособности предприятия необходимо использовать только в системной связке друг с другом. К методам исследования относятся анализ и сравнение. К достигнутым результатам можно отнести перечень предлагаемых факторов конкурентоспособности и методы их усиления.

На сегодняшний день специалисты в области управления бизнесом уделяют огромное внимание вопросам конкурентоспособности предприятия. Конкурентоспособность – очень сложное понятие, и до сих пор не существует согласованного определения и основы теоретического анализа. В узком смысле под конкурентоспособностью предприятия понимается всестороннее качество предприятия, которое может предоставлять продукцию и услуги на рынок более эффективно, чем другие предприятия на конкурентном рынке [3].

В широком смысле под конкурентоспособностью предприятия понимается всесторонняя способность предприятия реализовать свою стратегию по предоставлению товаров и/или услуг на основе создания ценности для клиентов путем развития собственных ресурсов и возможностей [5]. В докладе Президентской комиссии по промышленной конкурентоспособности Соединенных Штатов Америки отмечается, что под конкурентоспособностью предприятий понимается «способность предприятий предоставлять качественные

товары и услуги на международном рынке в условиях свободного и хорошего рынка при одновременном повышении уровня жизни своего собственного народа» [2].

К основным факторам конкурентоспособности предприятия относят различные показатели.

1. Цена и стоимость товаров и услуг. Эти показатели являются важными факторами. Сегодня на предприятии огромную роль играет внедрение стратегии конкурентного ценообразования как метод усиления конкуренции. В этом случае компании используют программное обеспечение для сбора данных о конкурентах в режиме реального времени, которое позволяет своевременно анализировать и реагировать на изменения цен.

2. Качество товаров и услуг. Этот показатель является функциональным элементом источника конкурентоспособности предприятия. Качество является не только наиболее фундаментальной предпосылкой товарообмена на рынке, но и решающим фактором для предприятий в реализации стоимости. Товары низшего качества, или товары, которые были произведены в наихудших условиях, могут корректировать рыночную стоимость только тогда, когда предложение превышает спрос. Товары, произведенные в лучших условиях, наоборот, могут корректировать рыночную стоимость только тогда, когда предложение превышает спрос. Так, например, основная причина мирового успеха японских компаний – высокий уровень качества их продукции [1]. Качество продукции включает внутренние характеристики качества, такие как структура продукта, эксплуатационные характеристики, точность, чистота, физические свойства, химический состав и т.д. Важны и внешние характеристики качества, такие как внешний вид продукта, его упаковка, форма, цвет, ощущение, запах, гладкость и т.д.

3. Бренд. Данный фактор является важным источником корпоративной конкурентоспособности. Лучшие компании в мире обладают способностью создавать, поддерживать, защищать и расширять бренды при производстве продукции.

Майкл Портер, профессор Гарвардской школы бизнеса, выделил три стратегии достижения конкурентного преимущества компании: лидерство по издержкам, дифференциация и фокус (который включает как фокус на затратах, так и фокус на дифференциации).

Цель стратегии лидерства по издержкам предполагает достижение цели стать производителем или поставщиком товара или услуги с наименьшими затратами. Стратегия дифференциации – это стратегия, которая предполагает разработку уникальных товаров или услуг, существенно отличающихся от конкурентов.

Стратегия фокусировки использует подход к выявлению потребностей нишевого рынка и последующей разработке продуктов. Каждая стратегия разрабатывается в зависимости от категории потребителей. Такая стратегия фокуса имеет два варианта:

- фокус на затратах – производитель с наименьшими затратами в концентрированном сегменте рынка;
- фокус дифференциации – индивидуализированные или конкретные продукты с добавленной стоимостью в узком целевом сегменте рынка.

Традиционная маркетинговая стратегия для достижения конкурентоспособности предприятия сосредоточена и основана на комплексе маркетинга 4P, а именно: продукт, цена, местоположение и продвижение.

Такой подход называется интегрированный маркетинг (4C), который ориентирован на потребителей, при этом он представляет собой комплекс маркетинга, то есть потребительские желания и потребности, потребительские издержки, потребительское удобство покупки, потребление, основанное на общении между инвесторами и предприятиями, а также посредством интеграции внутренних и внешних ресурсов предприятия. Его задача –

наладить взаимоотношения между самим предприятием и рынком и полную мобилизацию всех положительных факторов путем реорганизации и реинжиниринга производственного поведения и рыночного поведения предприятия, чтобы обеспечить комплексный и последовательный подход к маркетингу для достижения бизнес-целей.

Опираясь на подход интегрированного маркетинга, конкурентные факторы должны включать в себя следующие ключевые моменты.

1. Оценка изменения спроса. По мере зрелости рынка у клиентов появляется все больше и больше способов выбора и источников информации, а развитие предприятий сталкивается с давлением со стороны клиентов. На данном этапе следует установить правила непрерывного сбора информации и долгосрочного статистического анализа, чтобы понять изменяющиеся тенденции потребительского спроса.

2. Оценка потенциальных конкурентов. Возможными конкурентами являются новые поставщики аналогичной продукции, поставщики, действующие в сфере переработки и т.д., поэтому компаниям следует проводить детальный анализ данного фактора. Для получения информации о тенденциях различных потенциальных соревнований следует выделить отдел на предприятии для сбора и анализа информации. Для оценки конкурентов на предприятиях применяются различные методики, позволяющие изучить не только слабые и сильные стороны компании, но и слабые и сильные стороны их продуктов и услуг.

3. Тенденция на предприятии к замещению товаров или услуг. Это происходит из-за изменений в функциях товаров и услуг, способствующих внедрению заменителей, которые также могут удовлетворить потребности клиентов. Предприятиям следует уделять пристальное внимание различным продуктам, которые удовлетворяют схожие потребности или имеют функции. Операторы таких продуктов могут расширять функции и производительность продуктов на область своей собственной продукции.

4. Замещение на предприятии технологий. Все виды технологических исследований и разработок, основанные на спросе, могут привести к созданию нерелевантного продукта с той же способностью удовлетворять спрос. По этой причине предприятия должны регулярно собирать различную техническую информацию и отслеживать возможные альтернативные технологии, что позволит предприятиям лучше адаптироваться к новым изменениям. Степень угрозы технологического замещения зависит от планирования корпоративной стратегии и маркетингового статуса текущих продуктов.

5. Замещение новых продуктов. Внедрение новых продуктов и быстрая модернизация существующих продуктов на практике оказывают давление на сбыт оригинальных продуктов. Независимо от того, является ли новый продукт результатом собственных исследований и разработок компании или исследований и разработок конкурентов, он окажет влияние на текущую продаваемую продукцию, и это влияние будет препятствовать продвижению стратегии.

6. Способность реагирования. Адаптация предприятия к окружающей среде и контроль факторов конкуренции также зависят от быстрого реагирования предприятия на различные виды конкурентного поведения, такие как маркетинговые инициативы, замены продуктов, новые продукты конкурентов и т.д. Реагирование должно включать техническое реагирование, воздействие на оперативное реагирование и быстрые действия на изменения конкурентных факторов.

7. Конкурентное преимущество. Предприятия должны установить фиксированные процедуры и методы и обращать внимание на преимущества и недостатки как своего предприятия, так и конкурентов. С этой целью необходимо всесторонне собрать информацию и данные со всех аспектов потенциальных конкурентов. Такая информация должна

включать в себя: деловую информацию, информацию о продуктах, техническую информацию, информацию о доставке и т.д. Анализируя все виды конкурентной информации, необходимо в первую очередь определить собственные конкурентные преимущества компании и создать основу для принятия решений по установлению и предотвращению конкурентных преимуществ.

Питер Друкер, «отец» современного менеджмента, отметил, что: «Конкуренция между предприятиями сегодня – это не конкуренция между продуктами, а конкуренция между бизнес-моделями» [4]. Согласно этому подходу выделяют три уровня конкуренции между предприятиями.

1. Конкуренция бизнес-моделей на макроуровне. На этом уровне происходит развитие бизнес-моделей, инновационных подходов, решений и стратегий.

2. Конкуренция категорий на мезоуровне. Данный подход предполагает конкуренцию между категориями, представленными брендом.

3. Конкуренция позиционирования на микроуровне. Это конкуренция между позиционированием бренда в одной и той же категории. Отметим, что позиционирование заключается в определении наиболее выгодной позиции в сознании клиента для конкурентов, чтобы бренд мог выиграть первый выбор у конкурентов. Существует два типа позиционирования бренда, один из которых – позиционирование по существующим категориям. Бренды *Mercedes-Benz*, *BMW* и *Volvo* в одной и той же категории роскошных автомобилей позиционируются как «слава, вождение и безопасность» соответственно. Вторым типом является создание новых категорий. Создание новой категории само по себе является позиционированием, а бренд «*Tesla*» – это новая категория электромобилей высокого класса.

На сегодняшний день специалисты активно внедряют на предприятиях концепцию конкурентоспособности «бизнес-модель, категория, позиционирование», которая включает в себя три конкурентных уровня, тесно связанных между собой. Следует отметить, что это три зависимых друг от друга типа конкуренции. Так, из «макро-бизнес-модели, мезо-категорийного слоя, микропозиционного уровня» создаются три уровня, которые полностью отражают общую картину конкуренции между предприятиями. Анализ этой картины позволит компании оставаться конкурентоспособной. Таким образом, современные факторы конкурентоспособности предприятия необходимо использовать только в системной связке друг с другом.

Таким образом, компания в первую очередь должна признать конкурентное преимущество и свои недостатки перед конкурентами, используя факторы, представленные в данной статье. Следующим этапом должно стать применение наступательных возможностей (т.е. нужно использовать недостатки противника как свои сильные стороны).

### Литература

1. Белецкий, М.Д. Основные факторы конкурентоспособности услуг, оказываемых предприятиями розничной торговли / М.Д. Белецкий // *Наукосфера*. – 2020. – № 5. – С. 69–73.
2. Буши, М.О.З. Основные факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятия / М.О.З. Буши, С.П. Сазонов // *Учетно-аналитические инструменты исследования экономики региона : Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию ДГУ, Махачкала, 15–16 октября 2021 года*. – 2021: ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2021. – С. 82–85.

3. Гришко, Н.В. Конкурентоспособность промышленного предприятия: понятие, сущность и основные факторы / Н.В. Гришко, Е.О. Попова // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2020. – № 8-2. – С. 139–148.

4. Муллина, А.В. Понятие конкурентоспособности и основные факторы ее повышения на современном предприятии / А.В. Муллина, Е.С. Андреева // Вектор экономики. – 2019. – № 12(42). – С. 134.

5. Шумилина, В.Е. Стратегия конкурентоспособности предприятия как основной фактор его развития на внешнем рынке и источники ее построения / В.Е. Шумилина, Ю.С. Кожемякина, Ч. Тан // Проблемы экономики и экономической безопасности в Российской Федерации в условиях цифровизации. – 2019. – Т. 3. – С. 16–20.

### References

1. Beletskiy, M.D. Osnovnyye faktory konkurentosposobnosti uslug, okazyvayemykh predpriyatiyami roznichnoy trgovli / M.D. Beletskiy // Naukosfera. – 2020. – № 5. – С. 69–73.

2. Bushi, M.O.Z. Osnovnyye faktory, vliyayushchiye na konkurentosposobnost' predpriyatiya / M.O.Z. Bushi, S.P. Sazonov // Uchetno-analiticheskiye instrumenty issledovaniya ekonomiki regiona : Sbornik materialov IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu DGU, Makhachkala, 15–16 oktyabrya 2021 goda. – 2021: IP Ovchinnikov Mikhail Arturovich (Tipografiya Alef), 2021. – С. 82–85.

3. Grishko, N.V. Konkurentosposobnost' promyshlennogo predpriyatiya: ponyatiye, sushchnost' i osnovnyye faktory / N.V. Grishko, Ye.O. Popova // Nauchnyy vestnik gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya Luganskoy Narodnoy Respubliki «Luganskiy natsional'nyy agrarnyy universitet». – 2020. – № 8-2. – С. 139–148.

4. Mullina, A.V. Ponyatiye konkurentosposobnosti i osnovnyye faktory yeye povysheniya na sovremennom predpriyatii / A.V. Mullina, Ye.S. Andreyeva // Vektor ekonomiki. – 2019. – № 12(42). – С. 134.

5. Shumilina, V.Ye. Strategiya konkurentosposobnosti predpriyatiya kak osnovnoy faktor yego razvitiya na vneshnem rynke i istochniki yeye postroyeniya / V.Ye. Shumilina, YU.S. Kozhemyakina, CH. Tan // Problemy ekonomiki i ekonomicheskoy bezopasnosti v Rossiyskoy Federatsii v usloviyakh tsifrovizatsii. – 2019. – Т. 3. – С. 16–20.

---

### Main Factors of Competitiveness of the Enterprise and Methods of their Strengthening

D.A. Gorbatov, K.A. Novozhenin

*Moscow University for Industry and Finance “Synergy”, Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** competitive strategy; competitiveness; competition; factors of competitiveness.

**Abstract.** The article proposes the definition of the competitiveness of an enterprise in the narrow and broad sense. The main factors of enterprise competitiveness and methods of their strengthening are considered. One of such important strengthening methods is the introduction of a competitive pricing strategy at the enterprise as a method of strengthening competition.

The purpose of the article is to consider the main factors of the competitiveness of an enterprise and methods for strengthening them. The objectives of the study include studying the essence and concept of the competitiveness of an enterprise; analyzing and highlighting the factors of competitiveness of the enterprise; characterizing the methods of strengthening the factors of competitiveness. The research hypothesis is based on the assumption that modern factors of competitiveness of an enterprise should be used only in a systemic connection with each other. Research methods include analysis and comparison. The study resulted a list of proposed factors of competitiveness and methods for strengthening them.

---

© Д.А. Горбатов, К.А. Новоженин, 2023

УДК 681.5

## Управление сбором и передачей данных в рамках АИС для автотранспортной инфраструктуры

К.В. Дегтярева, Т.Г. Долгова, Т.В. Соловьева

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки  
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,  
г. Красноярск (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** автоматизация; автоматическая идентификационная система; аналитика; безопасность; дорожные службы; координация; мобильные приложения; оптимизация; управление.

**Аннотация.** В данной статье представлена разработка инновационной информационной системы, предназначенной для автоматизации координации действий дорожных служб, аналитиков и экстренных служб. Система базируется на сборе данных в реальном времени с помощью видеокамер, обеспечивая оперативное реагирование на текущую дорожную ситуацию.

### Введение

В современных крупных городах большинство жителей передвигается с помощью транспорта, движущегося по автомобильным дорогам. Существует множество служб и компаний, которые выполняют различные задачи по обслуживанию дорог: обеспечение безопасности, ремонт и очистка покрытия, обновление разметки, знаков, светофоров. Кроме того, дорогами постоянно пользуются экстренные службы, которым необходима возможность быстрого реагирования. Также на дорожную ситуацию могут влиять организации, занимающиеся прокладкой и ремонтом коммуникаций, для чего необходимо полное или частичное перекрытие дороги. У большинства служб есть собственный штат диспетчеров, которые занимаются согласованием проведения работ. В случае необходимости ремонта или обслуживания дороги диспетчер службы делает звонок в диспетчерскую ДПС и МЧС. После этого диспетчерские должны обновить у себя данные по перекрытию дорог. По истечении срока перекрытия запросившая служба должна сообщить остальным об отмене перекрытия. Диспетчеры должны сообщать персоналу службы о перекрытиях дороги. На основе потребностей жителей и организаций прокладываются новые дороги, строятся развязки и подземные/надземные переходы. Аналитики изучают пассажиропоток, частоту аварий, сообщения о заторах для создания новой инфраструктуры. Каждый месяц внутри транспортной компании происходит опрос водителей и кондукторов, позволяющий выяснить, когда и куда едет наибольшее и наименьшее количество пассажиров. В соответствии с полученной информацией корректируется расписание общественного транспорта [1].



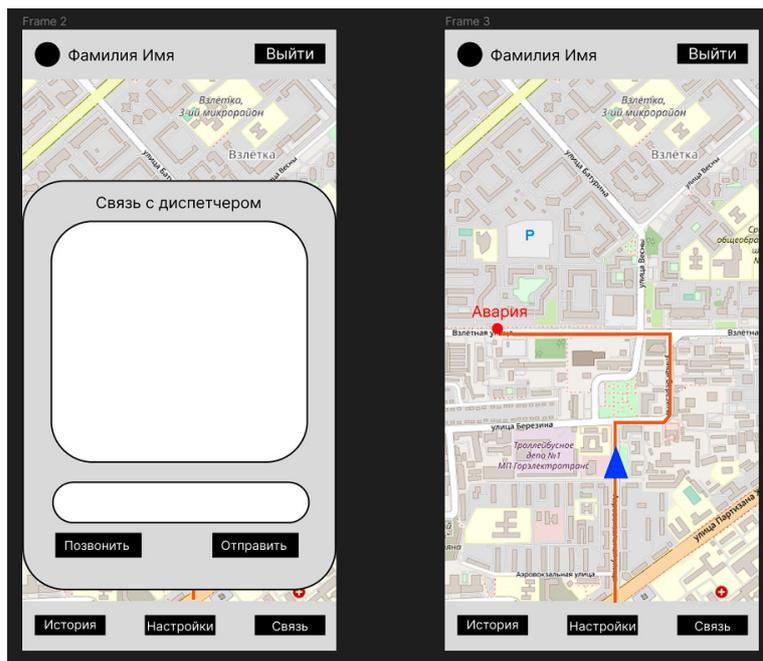


Рис. 3. Макет мобильного приложения

ность допущения ошибки у диспетчеров будет снижена. Кроме того, диспетчеру не нужно будет тратить время на информирование большого числа сотрудников, поэтому повысится производительность труда.

Все вышеперечисленное позволит сократить расходы на работу дорожных служб и экстренных служб. Также это позволит уменьшить штат диспетчеров, так как их работа будет частично автоматизирована. Можно ожидать повышения пропускной способности общественного транспорта в связи с подгонкой расписания под пассажиропоток. Более точная аналитика при развитии новой инфраструктуры позволит эффективнее распорядиться бюджетными средствами при модернизации дорог [2; 3].

### Структура и функционирование системы

Для создания информационной системы необходимо установить требуемое оборудование (видеокамеры) на улицах города в целях сбора информации. Для части пользователей, таких как аналитик и диспетчер, будет разработано десктопное приложение, для инспекторов и экстренных служб – мобильное приложение. На рис. 1 представлена аппаратная структура системы.

На рис. 2 представлена содержательная структура системы.

Варианты использования.

1. Водитель вносит адрес в приложение; на карте отображается маршрут. Маршрут может динамически перестраиваться каждые пять секунд. Для этого система получает данные о местоположении машины.

2. Инспектор авторизуется в системе и получает сообщения о точках патрулирования от системы. Система формирует точки в зависимости от загруженности дорог, количества



ты/учебы будет сокращено, поэтому жители города смогут потратить его на рекреацию, что повысит производительность труда и, как следствие, прибыль, что приведет к увеличению дохода бюджета за счет налогов. Описанную систему можно будет расширять, подключая к ней новые сервисы, так как она является всего лишь агрегатором информации. В будущем ожидается предложение новых вариантов использования системы. Автоматизированная система позволит строить новую инфраструктуру только там, где это действительно необходимо. Таким образом, будут сохранены бюджетные средства, которые могут быть направлены на более полезные проекты [5–7].

Система должна окупиться в течение нескольких лет за счет сохраняемых ею бюджетных средств.

### Литература/References

1. Simulation-dynamic model of long-term economic growth using Solow model / A.A. Boyko, V.V. Kukartsev, V.S. Tynchenko [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : International Conference «High-Tech and Innovations in Research and Manufacturing,» HIRM. – Krasnoyarsk : Institute of Physics Publishing. – 2019. – Vol. 1353. – P. 012138.

2. Algorithm for managing investment resources for enterprises' fixed assets reproduction / A.A. Boiko, V.V. Kukartsev, V.S. Tynchenko [et al.] // International conference «Economy in the modern world» (ICEMW 2018) : Proceedings of the International conference «Economy in the modern world» (ICEMW 2018) / Editors: L.N. Safiullin, Dr. Prof., Deputy Director for Science of the Institute of Management, Economics and Finance Kazan Federal University, Kazan, Russia; N.K. Gabdrakhmanov, PhD, Ass. Prof., Head of the Scientific Activities Department. – Kazan : Atlantis Press. – 2018. – Vol. 61. – P. 188–193.

3. Solving the problem of trucking optimization by automating the management process / V.V. Kukartsev, V.S. Tynchenko, E.A. Chzhan [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : The International Conference «Information Technologies in Business and Industry», Novosibirsk. – IOP Publishing : IOP Publishing. – 2019. – Vol. 1333. – P. 072027.

4. Prototype Technology Decision Support System for the EBW Process / V.V. Kukartsev, N.V. Saidov, A.O. Stupin [et al.] // Software Engineering Application in Systems Design : Proceedings of 6th Computational Methods in Systems and Software 2022, Czech Republic. – Switzerland : Springer Nature Switzerland AG. Part of Springer Nature, 2023. – P. 456–466.

5. Methods and Tools for Developing an Organization Development Strategy / V.V. Kukartsev, E. Shutkina, K. Moiseeva [et al.] // 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS). – Toronto : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 9795707.

6. Analysis of Data in Solving the Problem of Reducing the Accident Rate Through the Use of Special Means on Public Roads / V. V. Kukartsev, A. Mikhalev, A. Stashkevich [et al.] // 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS). – Toronto : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 9795842.

7. Prototype Technology Decision Support System for the EBW Process / V.V. Kukartsev, N.V. Saidov, A.O. Stupin [et al.] // Software Engineering Application in Systems Design : Proceedings of 6th Computational Methods in Systems and Software 2022, Czech Republic. – Switzerland : Springer Nature Switzerland AG. Part of Springer Nature, 2023. – P. 456–466.

## Management of Data Collection and Transmission within the Framework of AIS for Road Transport Infrastructure

K.V. Degtyareva, T.G. Dolgova, T.V. Soloviova

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** management; automation; automatic identification system; road services; analytics; coordination; safety; mobile applications; optimization.

**Abstract.** The article presents the development of an innovative information system designed to automate the coordination of the actions of road services, analysts and emergency services. The system is based on real-time data collection using video cameras, providing a quick response to the current traffic situation.

---

© К.В. Дегтярева, Т.Г. Долгова, Т.В. Соловьева, 2023

УДК 004.2

## Внедрение средств автоматизации технологических процессов предприятия

В.А. Орлов, Г.И. Юрковская, А.П. Багаева

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,  
г. Красноярск (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** инфраструктура; производственная отрасль; система автоматизации данных; технологические инновации; электронная торговля.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается создание автоматизированной информационной системы, адаптированной к требованиям и стандартам кофейни. Основное внимание уделено аппаратной инфраструктуре и организации контента. Автоматизированная информационная система (**АИС**) обладает необходимыми для эффективной работы кофейни функциями, такими как удобный поиск по меню, онлайн-заказ, обработка платежей. Кроме того, она значительно снижает нагрузку на персонал, автоматизируя задачи, которые раньше решали сотрудники, и делая работу кофейни более плавной и эффективной.

Сегодня гастрономические заведения стремятся повысить эффективность работы и удовлетворить растущие ожидания клиентов. Для этого они используют программные и аппаратные средства автоматизации. Разработка системы крайне важна в связи с влиянием человеческого фактора на качество обслуживания, включая неразборчивый почерк, спешку и ошибки. Автоматизированная информационная система призвана устранить или минимизировать эти проблемы, храня финансовые данные, формируя отчеты и управляя товарными запасами. Сотрудники, прошедшие авторизацию, получают доступ к информации, средствам обработки данных и подпрограммам составления документов [1].

Внедрение этой системы дает такие преимущества, как полное документирование, уменьшение количества ошибок и улучшение управления. В ней хранятся различные данные – от чеков и информации о сотрудниках до запасов, доходов и расходов, что позволяет повысить эффективность работы ресторана [2].

Кроме того, в систему включены такие функции, как корпоративный чат, доступ к геолокационным данным, регистрация действий персонала, что повышает эффективность и качество обслуживания в гастрономических заведениях [3].

Автоматизированная информационная система для гастрономического заведения призвана различными способами повысить эффективность работы и управления. Она оптимизирует внутренние процессы, снижая количество ошибок и упрощая задачи персонала [4]. Кроме того, она повышает качество обслуживания клиентов, быстро и точно



Рис. 1. Архитектура содержимого системы

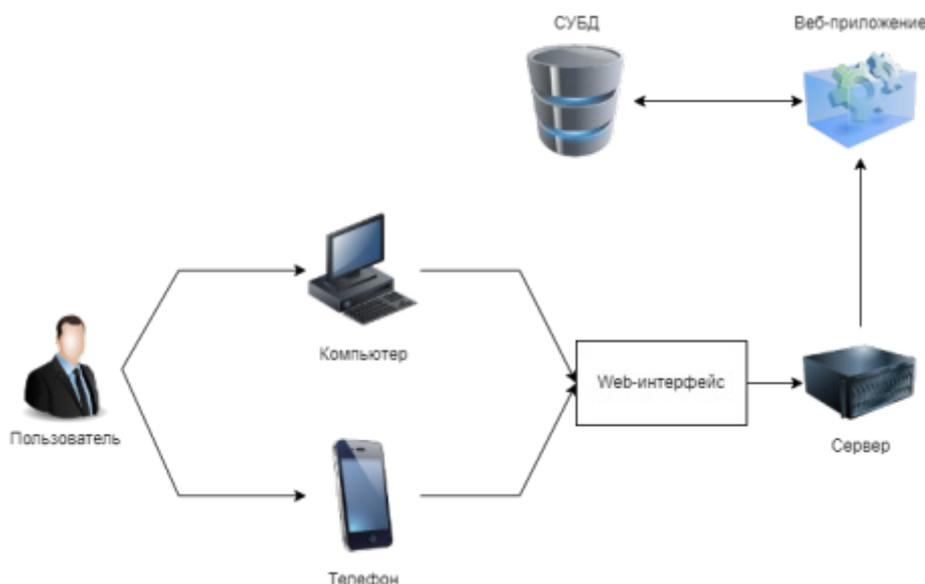


Рис. 2. Аппаратная структура системы

обрабатывая заказы, а для удобства предлагает заказ через Интернет. Руководство получает финансовые и бизнес-показатели в режиме реального времени, что способствует принятию решений и контролю ресурсов.

Кроме того, система обеспечивает соблюдение нормативных требований, предотвращая нарушения и штрафы. Она позволяет анализировать данные для выявления тенденций, прогнозирования спроса, оптимизации меню и эффективного управления ресурсами [5; 6]. В целом, это позволяет повысить конкурентоспособность, удовлетворенность клиентов и улучшить управление бизнесом в гастрономической отрасли.

АИС «Кофе» должна быть реализована в виде трех подсистем. Архитектура системы приведена на рис. 1.

Подсистема связи с клиентами предназначена для информирования клиентов о состоянии заказа и информации о доставке.

Подсистема учета продукции предназначена для учета продукции на складе, инфор-

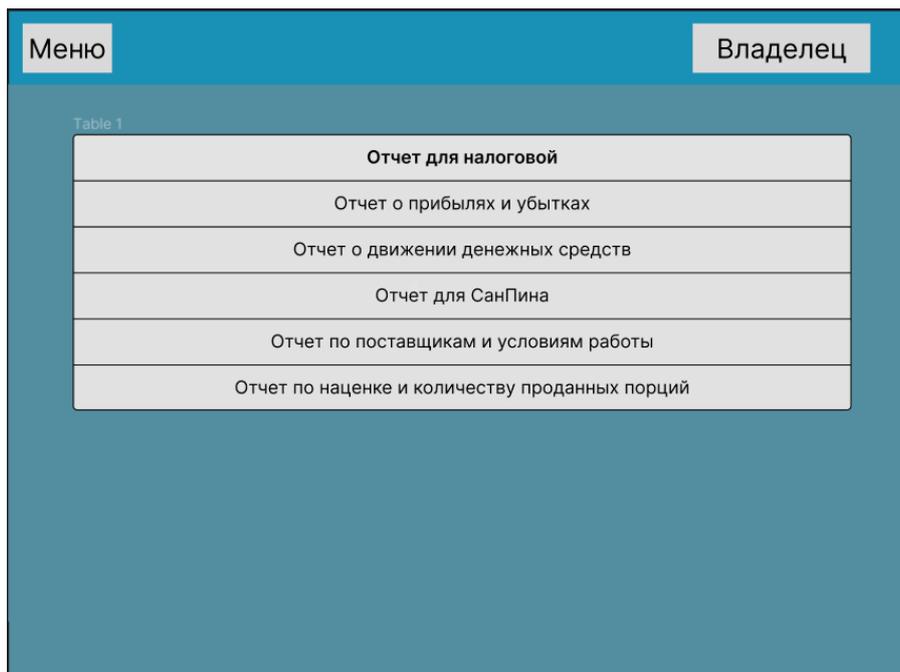


Рис. 3. Схема интерфейса для страницы «Формирование отчета»

Неделя					
Ресторан	Доходы	Расходы	Персонал	Отчет написан	Прибыль
№1	420.013	45.400	54.000	Да	320.613
№2	440.250	55.400	54.000	Да	330.850
№3	414.525	40.200	54.000	Нет	320.325
№4	428.985	42.920	54.000	Нет	332.065
№5	430.011	36.300	54.000	Нет	339.711
№6	420.978	50.317	54.000	Да	316.661

Рис. 4. Макет интерфейса к модели варианта использования «Сбор статистики»

мации о поставщике, ведомости приемки продукции и выдачи ее на кухню предприятия.

Подсистема бухгалтерского учета в АИС гастрономического заведения является важнейшей частью, обеспечивающей точный учет финансов и финансовых операций. Ее назначение – эффективное управление финансами заведения, соблюдение налогово-

го законодательства, формирование отчетности и обеспечение финансовой прозрачности [7; 8].

Аппаратная структура системы представлена на рис. 2.

АИС позволит сотрудникам и партнерам создавать и рассматривать предложения о поставках, управлять обработкой заказов, вводить данные о приобретенных товарах и обрабатывать рекламные медиафайлы. Она также включает в себя функции электронной коммерции, такие как регистрация заказов в режиме онлайн и обработка платежей [9; 10].

Благодаря бесшовной синхронизации данных между подсистемами АИС уменьшится количество рутинных задач и повторного ввода данных. При этом отпадает необходимость в использовании программного обеспечения сторонних производителей, что снижает затраты на его обслуживание и позволяет персоналу сосредоточиться на выполнении нестандартных задач.

Для хранения данных рекомендуется использовать систему управления базами данных (СУБД) PostgreSQL 15, при этом SQL-запросы строятся с использованием библиотеки Squirrel для взаимодействия веб-приложения с сервером. АИС должна иметь графический интерфейс пользователя, соответствующий макетам, представленным на рис. 3–4.

### Литература/References

1. Classification of non-normative errors in measuring instruments based on data mining / A.V. Milov, V.S. Tynchenko, V.V. Kukartsev [et al.] // International Conference «Aviamechanical engineering and transport» (AVENT 2018) : Proceedings of the International Conference «Aviamechanical engineering and transport» (AVENT 2018). – Irkutsk : Atlantis Press. – 2018. – Vol. 158. – P. 432–437.

2. Dynamic simulation of calculating the purchase of equipment on credit / A.A. Boyko, V.V. Kukartsev, V.S. Tynchenko [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : International Conference «Information Technologies in Business and Industry» – 2 – Mathematical Simulation and Computer Data Analysis. – Novosibirsk : Institute of Physics Publishing. – 2019. – Vol. 1333, 3. – P. 032009.

3. Model of production resource management for manufacturing enterprise / V.V. Kukartsev, V.S. Tynchenko, V.E. Petrenko [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : 2020 International Conference on Information Technology in Business and Industry, ITBI 2020. – BRISTOL, ENGLAND: IOP Publishing Ltd. – 2020. – Vol. 1661. – P. 012178.

4. Boyko, A.A. State and trends of depreciation strategy of rocket and space industry enterprises formation / A.A. Boyko // International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering»(AIME 2018). – Atlantis Press, 2018. – P. 607–611.

5. Modeling and Complex Analysis of the Topology Parameters of Ventilation Networks When Ensuring Fire Safety While Developing Coal and Gas Deposits / I.I. Bosikov, N.V. Martyushev, R.V. Klyuev [et al.] // Fire. – 2023. – Vol. 6. – No. 3. – P. 95.

6. Kukartsev, V.V. Development of adaptive educational course in the SibFU E-learning system / V.V. Kukartsev, 2018.

7. The model of energy distribution during electron beam input in welding process / S.O. Kurashkin, V.S. Tynchenko, Yu.N. Seregin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. – Krasnoyarsk, Russian Federation : Institute of Physics and IOP Publishing Limited. – 2020. – Vol. 1679. – P. 42036.

8. Tynchenko, V.S. Intellectualizing the process of waveguide tracks induction soldering

for spacecrafts / V.S. Tynchenko // International Review of Aerospace Engineering. – 2019. – Vol. 12. – No. 6. – P. 280–289.

9. Mikhalev, A.S. The Orb-Weaving Spider Algorithm for Training of Recurrent Neural Networks / A.S. Mikhalev // Symmetry. – 2022. – Vol. 14. – No. 10. – P. 2036.

10. Reducing Oscillations in Suspension of Mine Monorail Track / V.O. Gutarevich, N.V. Martyushev, R.V. Klyuev [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2023. – Vol. 13. – No. 8. – P. 4671.

---

### Implementation of the Automation System for Company Technological Processes

V.A. Orlov, G.I. Yurkovskaya, A.P. Bagaeva

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** data automation system; infrastructure; e-commerce; manufacturing industry; technology innovation.

**Abstract.** This paper discusses the creation of an automated information system tailored to the requirements and standards of a coffee shop. The focus is on the hardware infrastructure and content organization. The AIS system offers essential features for efficient coffee shop operations, such as user-friendly menu search, online ordering, and payment processing. Furthermore, it significantly reduces staff workload by automating tasks previously handled by employees, making the coffee shop's operations smoother and more efficient.

---

© В.А. Орлов, Г.И. Юрковская, А.П. Багаева, 2023

УДК 001.895

## Особенности региональных инноваций

Т.Ю. Синюк, В.С. Барнаган

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)», г. Ростов-на-Дону

**Ключевые слова и фразы:** влияние факторов роста; инновации; развитие экономики; темпы внедрения.

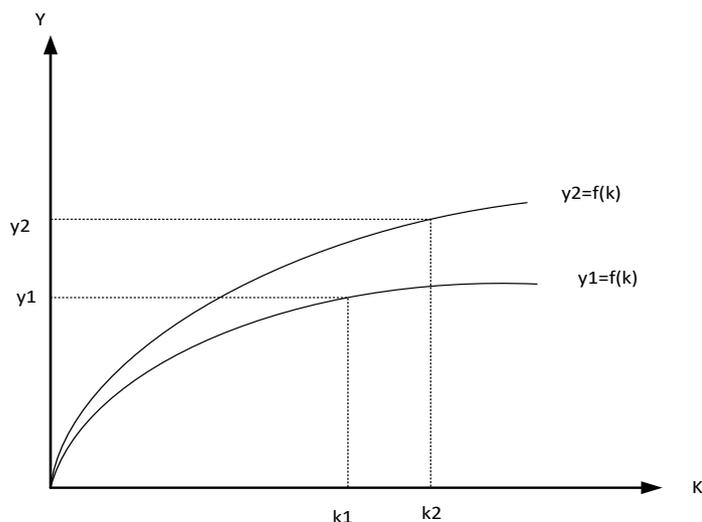
**Аннотация.** В статье рассматривается проблематика влияния инноваций на развитие экономики региона. Поставлена задача изучить степени влияния научно-технического прогресса (НТП) на уровень развития экономики региона. Гипотеза исследования: увеличение числа инноваций предопределяет влияние факторов труда и капитала на объем выпускаемой продукции, что приводит к росту объема выпуска продукции на одного рабочего, при этом условие соблюдается только для регионов, использующих наукоемкие, передовые технологии. В ходе исследования использованы следующие методы: экономико-математический анализ, сравнительный анализ, статистический анализ. По результатам исследования доказано, что темпы развития НТП в краткосрочной перспективе являются ключевым фактором, определяющим уровень экономического роста на одного работающего. На примере Ростовской области проиллюстрировано влияние инноваций на развитие экономики, предложены основные источники регионального роста, проведена оценка влияния факторов на рост экономики региона.

Несмотря на появление прорывных технологий, в том числе касающихся сферы цифровых трансформаций, можно отметить замедление темпов их внедрения. Учитывая актуальность оценки влияния факторов труда ( $L$ ) и имеющегося капитала ( $K$ ) на объем выпускаемой продукции ( $Y$ ), необходимо принимать во внимание временной сдвиг производственной функции (производственная функция Кобба-Дугласа-ПФКД) при расчетах. Исходная формула [1]:

$$Y = f(K, L). \quad (1)$$

Можно ввести в формулу основных характеристик параметров времени:

$$Y = f(K, L, t). \quad (2)$$



**Рис. 1.** График изменения объема выпуска с течением времени при росте капиталовооруженности, связанной с инновациями

При этом будем считать, что с учетом влияния множества факторов, характерных для инноваций (изменение структуры капитала и производства, квалификационных требований на рынке труда, преобразований в системе управления и других факторов), объем выпуска на одного работающего будет расти из точки  $y_1 = f(k)$  в  $y_2 = f(k)$  (рис. 1).

Как видим, происходит рост капиталовооруженности, обусловленной инновационностью изменений из точки  $k_1$  в точку  $k_2$ . Лауреат нобелевской премии Ян Тинберген, получивший ее за создание динамических моделей, используемых при анализе экономических процессов [2], уточнил исходное уравнение, учтя рост производства при развитии НТП:

$$y = a_0 e^{\lambda t} K^a L^{1-a}, \quad (3)$$

где  $y$  – объем выпуска продукции;  $K$  – производственные фонды;  $L$  – затраты труда;  $e$  – эластичность выпуска продукции;  $a_0$  – коэффициент пропорциональности;  $a$  – характеристика степени однородности производственных функций;  $\lambda$  – относительный темп прироста НТП;  $t$  – время (в годах);

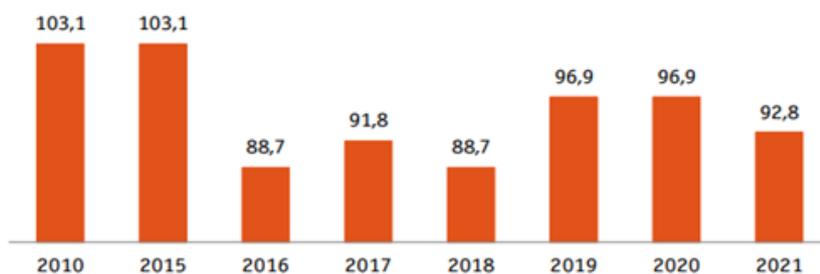
$$\text{при } a_0 \geq 0, 0 < a < 1. \quad (4)$$

Преобразовав функцию (3), Ян Тинберген получил выражение для расчета ежегодных темпов роста (в %) объема производства:

$$Y_0 = aK_0 + (1-a)L_0 + \lambda_0, \quad (5)$$

где  $Y_0$  – темп роста объема производства (национального дохода);  $K_0$  – темп роста капитала;  $L_0$  – темп роста трудовых затрат;  $\lambda_0$  – темп роста, обусловленный НТП.

В модели другого нобелевского лауреата, американского экономиста Ричарда Солоу



**Рис. 2.** Динамика числа организаций РО, выполняющих исследования и разработки (начиная с 2015 г. в данные статистики включены филиалы вузов)

[3; 4], где  $f = K/L$  не рассматривается как константа, отражается зависимость национально-го дохода от качества капитала в виде:

$$z_t = f(k_t), \quad (6)$$

где  $z_t = y_t/L_t$  – производительность труда в  $t$ -м году;  $k_t = K_t/L_t$  – капиталовооруженность труда в  $t$ -м году.

Полученную зависимость Р. Солоу привел к виду:

$$\frac{\Delta y}{y} = a \frac{\Delta K}{K} + (1-a) \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta T}{T}, \quad (7)$$

где  $a$ ,  $(1 - a)$  – доля капитала и труда в объеме продукта соответственно;  $\Delta K$  – приращение капитала;  $\Delta L$  – приращение затрат труда;  $T$  – параметр, отражающий уровень НТП;  $\Delta T$  – приращение параметра  $T$ .

Иначе говоря, согласно Р. Солоу, единственным источником роста на длительный период является НТП, поскольку расчеты показывали, что темпы экономического роста на одного работающего в США в первой половине XX в. зависят от развития НТП. Однако дальнейшие исследования определили, что этот эффект имеет место в относительно краткосрочной перспективе, когда инвестиции могут обеспечивать высокие темпы роста экономики, поскольку с увеличением средств производства до определенной величины происходит убывание отдачи, а рост экономики замедляется [5].

Важным моментом в модели Р. Солоу является особенность, связанная с тем, что страны, имеющие примерно одинаковые параметры производственной функции, темпы прироста населения, а также нормы сбережения и выбытия, у которых примерно одинаковый уровень капиталовооруженности, в зависимости от его первоначального значения, будут иметь разные темпы прироста экономики. Иначе говоря, для лидирующих стран, использующих наукоемкие, передовые технологии, эта модель вполне работоспособна, однако для стран, не находящихся на передовых позициях в этом направлении, факторы НТП оказывают существенно меньшее влияние.

Рассмотрим, как инновации влияют на развитие экономики в Ростовской области [6].



Рис. 3. Динамика изменения показателей валового регионального продукта (ВРП) РО

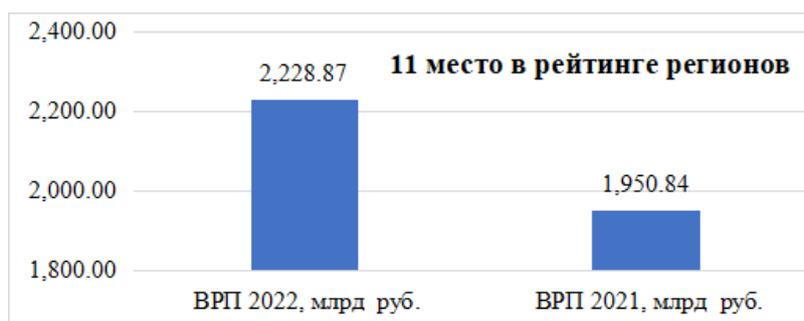


Рис. 4. ВРП РО согласно рейтингу социально-экономического развития в 2022 г.

На рис. 2 отражена динамика числа организаций Ростовской области (РО), выполняющих исследования и разработки (за базисный –100 %, принят в 2006 г.).

Как видно из графика, в последние годы число исследований и разработок снижается. В свою очередь, основные экономические показатели РО с 2016 по 2021 гг., по оценке минэкономразвития Ростовской области, имели следующую динамику (рис. 3).

Согласно рейтингу социально-экономического развития регионов, в 2022 г. Ростовская область заняла 11 место, при этом динамика отрицательная –4,8 % (рис. 3).

В той связи полезно рассмотреть основные факторы (источники экономического роста), учитывая санкции, охватившие все производства, делающие эту сферу деятельности первоочередной на современном этапе развития экономики: обеспечение запаса капитала за счет инвестиций; увеличение производительности труда; увеличение наукоемких высокотехнологичных производств; скорость внедрения нововведений; учет возникающих рисков в условиях роста неопределенности среды; уровень образования; обеспечение повышения квалификации персонала и т.д.

Приведем некоторые данные из статистической отчетности по Ростовской об-

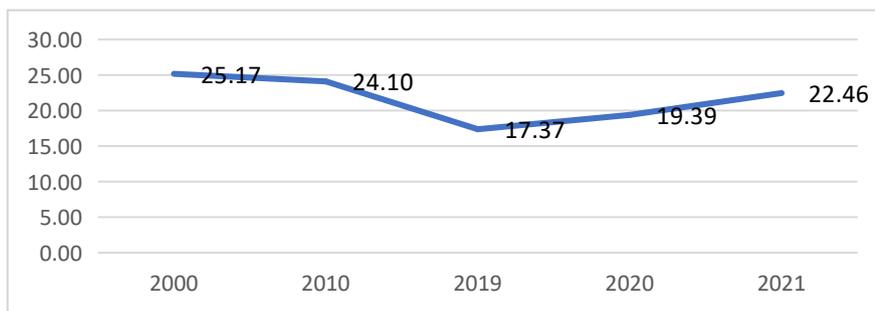


Рис. 5. Процентное соотношение инвестиций в основной капитал (по отношению к ВРП РО)



\*) Расчеты выполнены на основе актуальных данных по ВВП, добавленной стоимости по отраслям экономики и данных о совокупных затратах труда.

Рис. 6. Индексы производительности труда по некоторым видам деятельности РО



Рис. 7. Доля продукции наукоемких отраслей в ВВП РО и инвестиций

ласти. Инвестиции в основной капитал [7] в процентном соотношении к ВРП РО,

Таблица 1. Экспертная оценка основных источников регионального роста

Фактор роста	Экспертная оценка	$\omega$	Взвешенная оценка	% относительно суммарного значения факторов
Производительность труда	2,8	0,24	0,672	34,550
Научеёмкие высокотехнологичные производства	1,7	0,18	0,306	15,733
Скорость внедрения нововведений	0,6	0,22	0,132	6,787
Учет рисков	1,2	0,13	0,156	8,021
Уровень образования	4,1	0,15	0,615	31,620
Повышение квалификации персонала	0,8	0,08	0,064	3,290

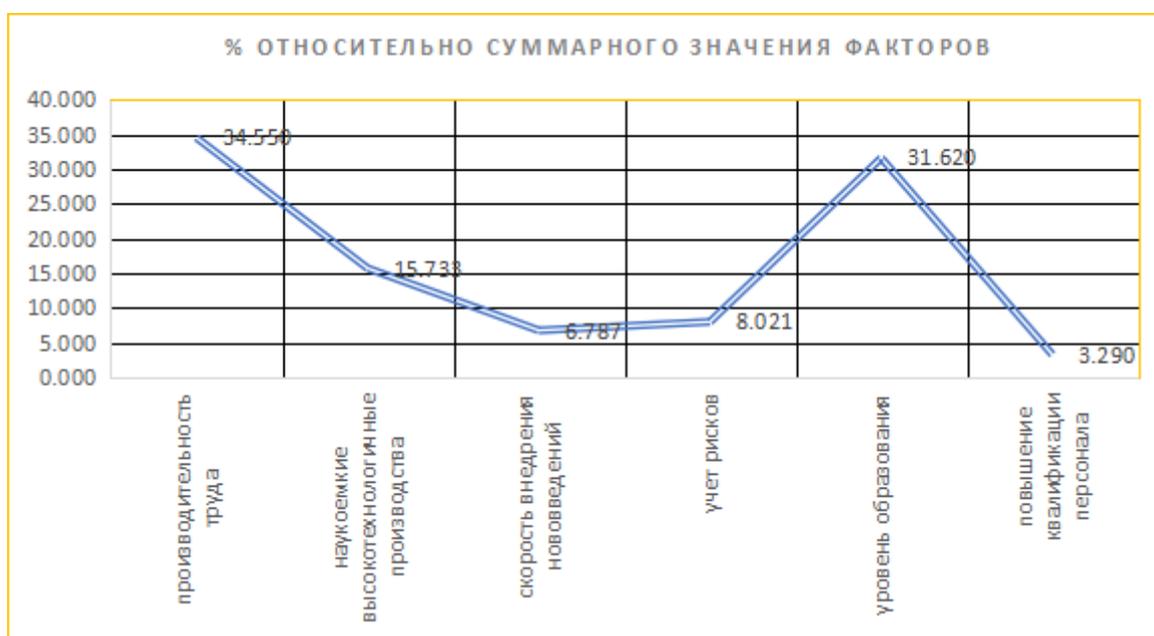
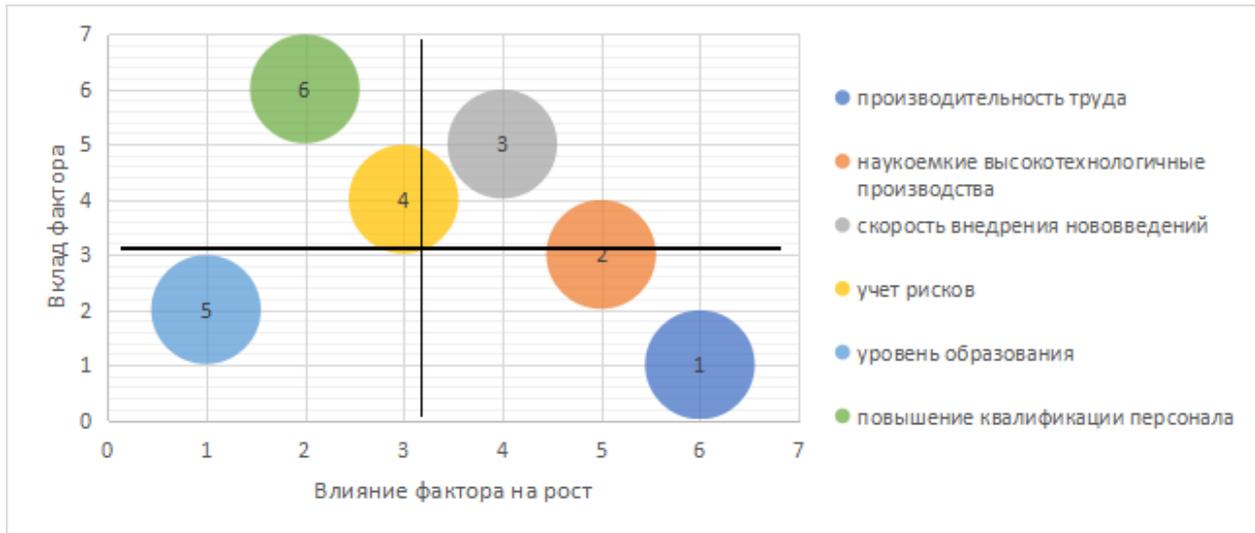


Рис. 8. Вклады основных факторов – источников регионального роста

Таблица 2. Экспертная оценка двух факторов

№	Оцениваемые факторы роста	y	x
1	Производительность труда	1	6
2	Научеёмкие высокотехнологичные производства	3	5
3	Скорость внедрения нововведений	5	4
4	Учет рисков	4	3
5	Уровень образования	2	1
6	Повышение квалификации персонала	6	2



**Рис. 9.** Оценка влияния факторов на рост экономики региона

млрд руб. (рис. 5).

Рассмотрим динамику индексов производительности труда в некоторых видах деятельности в РО (рис. 6) [8].

Как видно из графика, доля наукоемких отраслей имеет некоторый рост, однако доля инвестиций уменьшается. Для прояснения картины (как видим, зачастую несопоставимых данных) выполним экспертную оценку, которую отразим в табл. 1.

Отразим экспертную оценку двух факторов ( $Y$  – «вклад фактора» и  $X$  – «влияние фактора на рост») в табл. 2.

Построим график на плоскости (рис. 9).

Как видно из рисунка, наибольшее влияние на рост экономики региона оказывают «скорость внедрения инноваций», «наличие высокотехнологичных производств», «учет рисков и нестабильности рыночной среды». Таким образом, можно сделать вывод о том, что поставленные цели и задачи исследования достигнуты. Гипотеза обоснована.

## Литература

1. Renshaw, G. Maths for Economics / G. Renshaw. – New York : Oxford University Press, 2005. – P. 516–526.
2. Тинберген, Я. Математические модели экономического роста / Я. Тинберген, Х. Босс. – М. : Прогресс, 1967.
3. Optimal Programs of Capital Accumulation for an Economy in which there is Exogenous Technical Change / In Essays on the Theory of Optimal Economic Growth (K. Shell, ed.). – Cambridge, Massachusetts: MIT Press. – 1967. – Chapter I. – P. 1–30.
4. Solow, R.A. Contribution to the Theory of Economic Growth / R.A. Solow // Quarterly Journal of Economics. – 1956. – Vol. 70. – No. 1(Feb.). – P. 65–94.
5. МакКоннелл, К. Экономикс: Принципы, проблемы и политика / К. МакКоннелл, С. Брю / Пер. с англ. изд. – М. : ИНФРА-М, 2009.

6. Научный потенциал Донского региона: 2022: Стат.сб. / Ростовстат. – Ростов н/Д, 2022. – 146 с.
7. Социально-экономическое положение Ростовской области январь-апрель 2022 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Binder1\(141\).pdf](https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Binder1(141).pdf).
8. Индекс производительности труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru/search>.

### References

2. Tinbergen, YA. Matematicheskiye modeli ekonomicheskogo rosta / YA. Tinbergen, X. Boss. – М. : Progress, 1967.
3. Optimal Programs of Capital Accumulation for an Economy in which there is Exogenous Technical Change / In Essays on the Theory of Optimal Economic Growth (K. Shell, ed.). – Cambridge, Massachusetts: MIT Press. – 1967. – Chapter I. – P. 1–30.
4. Solow, R.A. Contribution to the Theory of Economic Growth / R.A. Solow // Quarterly Journal of Economics. – 1956. – Vol. 70. – No. 1(Feb.). – P. 65–94.
5. MakKonnell, K. Ekonomiks: Printsipy, problemy i politika / K. MakKonnell, S. Bryu / Per. s angl. izd. – М. : INFRA-M, 2009.
6. Nauchnyy potentsial Donskogo regiona: 2022: Stat.sb. / Rostovstat. – Rostov n/D, 2022. – 146 с.
7. Sotsial'no-ekonomicheskoye polozheniye Rostovskoy oblasti yanvar'-aprel' 2022 goda [Electronic resource]. – Access mode : [https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Binder1\(141\).pdf](https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Binder1(141).pdf).
8. Indeks proizvoditel'nosti truda [Electronic resource]. – Access mode : <https://rosstat.gov.ru/search>.

---

### Peculiarities of Regional Innovations

T.Yu. Sinyuk, V.S. Barnagyan

*Rostov State Economic University, Rostov-on-Don (Russia)*

**Key words and phrases:** growth factors influence; innovations; implementation rate of economic development.

**Abstract.** The paper deals with the problems of innovations influence on the development of regional economy. The task of studying the degree of influence of STP on the level of development of the economy of the region has been set. The hypothesis of the research is based on the assumption that increased innovations predetermine the influence of factors of work and the capital on volume of let out production, which leads to increase of volume of output per one worker, thus this condition is observed only for regions using high technology, advanced technologies. During the study, the following methods were used: economic and mathematical

analysis, comparative analysis, statistical analysis According to the results of the study, it was proved that the rate of development of STI, in the short term, is a key factor determining the level of economic growth per worker. Using the example of Rostov region, the influence of innovations on economic development is illustrated; the main sources of regional growth are offered; the influence of factors on the growth of the economy of the region is evaluated.

---

© Т.Ю. Синюк, В.С. Барнаган, 2023

## List of Authors

**Al-Brees R.H.K.** – postgraduate student, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia), E-mail: rbstrhk90@gmail.com

**Аль-Брис Р.Х.К.** – аспирант Российского университета дружбы народов, г. Москва (Россия), E-mail: rbstrhk90@gmail.com

**Abu Mahadi M.I.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Construction of the Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia), E-mail: abumakhadi-mi@rudn.ru

**Абу Махади М.И.** – кандидат технических наук, доцент департамента строительства Российского университета дружбы народов, г. Москва (Россия), E-mail: abu-makhadi-mi@rudn.ru

**Al-Hchaimi M.J.J.** – postgraduate student, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia), E-mail: muataz.alhchaimi@gmail.com

**Аль-Хчаими М.Ж.Ж.** – аспирант Российского университета дружбы народов, г. Москва (Россия), E-mail: muataz.alhchaimi@gmail.com

**FadhI M.R.F.** – postgraduate , Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia), E-mail: marwanalfadhI@88gmail.com

**Фадль М.Р.Ф.** – аспирант Российского университета дружбы народов, г. Москва (Россия), E-mail: marwanalfadhI@88gmail.com

**Aubakirova I.U.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Construction Materials Technologies and Metrology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg (Russia), E-mail: centeririna@spbgasu.ru

**Аубакирова И.У.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: centeririna@spbgasu.ru

**Pukharenko Yu.V.** – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Construction Materials Technologies and Metrology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, St. Petersburg (Russia), E-mail: tsik54@yandex.ru

**Пухаренко Ю.В.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета; член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: tsik54@yandex.ru

**Albegov G.E.** – master's student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: albegoff.g@yandex.ru

**Албегов Г.Э.** – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: albegoff.g@yandex.ru

**Abramov I.L.** – Doctor of Engineering, Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State Construction University, Moscow (Russia), E-mail: ivan2193@yandex.ru

**Абрамов И.Л.** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: ivan2193@yandex.ru

**Tumanov A.Yu.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Metrological Support of Innovative Technologies and Industrial Safety, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg (Russia), E-mail: tumanov@mail.ru

**Туманов А.Ю.** – кандидат технических наук, доцент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: tumanov@mail.ru

**Tynchenko V.S.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Control Systems, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: vadimond@mail.ru

**Тынченко В.С.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: vadimond@mail.ru

**Kurashkin S.O.** – Assistant, Department of Information and Control Systems, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: scorpion\_ser@mail.ru

**Курашкин С.О.** – ассистент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: scorpion\_ser@mail.ru

**Semenkin E.S.** – Doctor of Engineering, Professor, Department of System Analysis and Operations Research, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: saor\_semenkin@sibsau.ru

**Семенкин Е.С.** – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: saor\_semenkin@sibsau.ru

**Shutkina E.V.** – student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: elizaveta-shutkina@mail.ru

**Шуткина Е.В.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: elizaveta-shutkina@mail.ru

**Vasileva V.A.** – student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: vika.vasua6@gmail.com

**Васильева В.А.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: vika.vasua6@gmail.com

**Kukartsev V.V.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Economic Systems, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: vlad\_saa\_2000@mail.ru

**Кукарцев В.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных экономических систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: vlad\_saa\_2000@mail.ru

**Kobalev M.K.** – student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: kobelev-maxim48@gmail.com

**Кобалев М.К.** – студент Сибирского федерального университета, г. Красноярск (Россия), E-mail: kobelevmaxim48@gmail.com

**Voronkova O.V.** – Doctor of Economics, Professor, Department of Economics of Environmental Enterprises and Accounting Systems of the Russian State Hydrometeorological University; Professor, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (Russia), E-mail: nauka-bisnes@mail.ru

**Воронкова О.В.** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета; профессор Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: nauka-bisnes@mail.ru

**Kireev V.Yu.** – Commercial Director, Iron Trade and Consulting LLC, St. Petersburg (Russia), E-mail: v3110808@gmail.com

**Киреев В.Ю.** – коммерческий директор ООО «Айрон Трейд энд Консалтинг», г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: v3110808@gmail.com

**Nasser Muhammad Hussein Nasser** – postgraduate student, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia), E-mail: muhammedalbadri13@gmail.com

**Насер Мухаммед Хусейн Насер** – аспирант Российского университета дружбы народов, г. Москва (Россия), E-mail: muhammedalbadri13@gmail.com

**Gorbatov D.A.** – postgraduate student, Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow (Russia), E-mail: kiranovo@mail.ru

**Горбатов Д.А.** – аспирант Московского финансово-промышленного университета «Синергия», г. Москва (Россия), E-mail: kiranovo@mail.ru

**Novozhenin K.A.** – postgraduate student, Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow (Russia), E-mail: kiranovo@mail.ru

**Новоженин К.А.** – аспирант Московского финансово-промышленного университета «Синергия», г. Москва (Россия), E-mail: kiranovo@mail.ru

**Degtyareva K.V.** – student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: Sofaglu2000@mail.ru

**Дегтярева К.В.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: Sofaglu2000@mail.ru

**Dolgova T.G.** – student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: Sofaglu2000@mail.ru

**Долгова Т.Г.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: Sofaglu2000@mail.ru

**Soloviova T.V.** – student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: Sofaglu2000@mail.ru

**Соловьева Т.В.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: Sofaglu2000@mail.ru

**Orlov V.A.** – student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: vasi4244@gmail.com

**Орлов В.А.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: vasi4244@gmail.com

**Yurkovskaya G.I.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Organization and Life Cycle Management of High-Tech Products, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: yurk7@mail.ru

**Юрковская Г.И.** – кандидат технических наук, доцент кафедры организации и управления жизненным циклом наукоемкой продукции Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: yurk7@mail.ru

**Багаева А.Р.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Economic Systems, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), E-mail: [bap\\_0855@mail.ru](mailto:bap_0855@mail.ru)

**Багаева А.П.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных экономических систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), E-mail: [bap\\_0855@mail.ru](mailto:bap_0855@mail.ru)

**Sinyuk T.Yu.** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Crisis and Corporate Management, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don (Russia), E-mail: [bevez@mail.ru](mailto:bevez@mail.ru)

**Синюк Т.Ю.** – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой антикризисного и корпоративного управления Ростовского государственного экономического университета, г. Ростов-на-Дону (Россия), E-mail: [bevez@mail.ru](mailto:bevez@mail.ru)

**Barnagyan V.S.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of General and Strategic Management, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don (Russia), E-mail: [bevez@mail.ru](mailto:bevez@mail.ru)

**Барнагян В.С.** – кандидат технических наук, доцент кафедры общего и стратегического менеджмента Ростовского государственного экономического университета, г. Ростов-на-Дону (Россия), E-mail: [bevez@mail.ru](mailto:bevez@mail.ru)

**FOR NOTES**

---

**COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS**  
**№ 8(86) 2023**  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

---

Manuscript approved for print 21.04.23  
Format 60.84/8  
Conventional printed sheets 12.78  
Published pages 5.72  
200 printed copies

16+

Printed by Zonari Leisure LTD. Paphos