

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Строительный факультет

**ИННОВАЦИИ В БЕТОНОВЕДЕНИИ,  
СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ  
И ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ**

Сборник статей по материалам международной  
научно-технической конференции,  
посвященной 100-летию со дня рождения  
И.Н. Ахвердова и С.С. Атаева)

9 – 10 июня 2016 г.

В 2 частях

Часть 2

Минск  
БНТУ  
2016

УДК 69(083.7)(06)  
ББК 624.07.04(083.7)(06)  
И66

**Редакционная коллегия:**

**Э.И. Батяновский** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология бетона и строительные материалы»;

**В.В. Бабицкий** – д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология бетона и строительные материалы»

**Рецензенты:**

**Н.П. Блещик** – заслуженный деятель науки Республики Беларусь, д-р техн. наук, профессор;

**Т.М. Пецольд** – заслуженный деятель науки Республики Беларусь, д-р техн. наук, профессор

Сборник содержит материалы Международной научно-технической конференции «Инновации в бетоноведении, строительном производстве и подготовке инженерных кадров», посвященной 100-летию со дня рождения И.Н. Ахвердова и С.С. Атаева, в форме научных статей, отражающих важнейшие направления исследований, практические результаты внедрения научных разработок отечественных ученых в строительной отрасли нашей страны, а также ряда научных сотрудников из Российской Федерации, Украины и Польши. Кроме этого, широко представлены результаты исследований молодых начинающих ученых по многим перспективным направлениям, имеющим большое значение для современного строительства.

Издание предназначено для научно-педагогических, научных, инженерных кадров, аспирантов, магистрантов, студентов.

ISBN 978-985-550-845-9 (ч.2)  
978-985-550-845-9 847-3

© Белорусский национальный  
технический университет, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>РАЗДЕЛ 2. КОНСТРУКЦИИ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....</b>	<b>7</b>
<i>Сычевски М.Н.</i> Трещинообразование в преднапряжённых железнодорожных шпалах.....	8
<i>Галинский А.М., Петровский А.Ф., Менайлюк А.И., Борисов А.А.</i> Новые технологии защиты зданий и сооружений от подтопления. <i>Менайлюк А.И., Дубельт Т.М.</i>	14
Анализ возможностей реконструкции жилых домов первых массовых серий.....	19
<i>Менайлюк А.И., Лобакова Л.В.</i> Определение эффективных организационно-технологических и финансовых решений при перепрофилировании зданий.....	25
<i>Менайлюк А. И., Менайлюк И. А, Никифоров А. Л.</i> Алгоритм выбора рациональных решений при реконструкции высотных инженерных сооружений.....	31
<i>Соснин А.В.</i> К вопросу оценки длины сонаправленных диафрагм многоэтажных железобетонных каркасных зданий на стадии концептуального проектирования в районах с умеренной сейсмичностью.....	38
<i>Бондарь В.В., Рак Н.А.</i> Деформации элементов из легкого бетона в условиях концентричного местного сжатия.....	44
<i>Борисевич А. А.</i> О некоторых качественных особенностях задач оптимального проектирования несущих систем.....	51
<i>Глуховский А.Г., Рак Н.А.</i> Сопоставление методик расчета плоских железобетонных плит перекрытия на продавливание по ТКП EN 1992-1-1-2009 и FIB Model Code 2010.....	58
<i>Гринёв В.В., Гринёв В.Д., Цингель П.А.</i> Влияние диафрагм жесткости на деформативность монолитного каркаса.....	64
<i>Давыденко И.А., Киселев В.Н.</i> Применение метода сил при расчете балок на связном упругом основании.....	70
<i>Досько В.А., Сидорович Е.М.</i> Расчёт сооружений по деформированной схеме.....	76

## **АЛГОРИТМ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Менейлюк А.И.**, д-р техн. наук, профессор,  
**Менейлюк И.А.**, канд. техн. наук, **Никифоров А. Л.** (ОГАСА)

**Аннотация.** Статья содержит анализ технического состояния высотных инженерных сооружений в Украине. Выделены организационно-технологические факторы, влияющие на ход выполнения строительно-монтажных работ. Предложено использовать экспериментально-статистическое моделирование для оптимизации по заданным критериям финансовой, технической и другой эффективности под влиянием наиболее важных влияющих факторов. Показан алгоритм оптимизации проектов реконструкции высотных инженерных сооружений в особых условиях.

**Ключевые слова:** обоснование и планирование проектов строительства и реконструкции, экспериментально-статистическое моделирование, численные методы оптимизации.

**Постановка проблемы.** В Украине существует большое количество высотных инженерных сооружений. Большая часть из них эксплуатируется десятки лет и более. Многие из высотных инженерных сооружений требуют проведения ремонтно-восстановительных работ, а некоторые – противоаварийных. Во многих случаях нужно рассмотреть различные организационные, технологические, финансовые и конструктивные варианты проектов реконструкции высотных инженерных сооружений и провести оптимизацию по техническим и экономическим критериям. Необходимые средства графического анализа и сравнительной количественной оценки, удовлетворяющие заданной точности, которые являются относительно нетрудоемкими и дают возможность принимать решения в условиях существующих ограничений. В нормативной литературе и изученных информационных источниках отсутствуют рекомендации, удовлетворяющие заявленным требованиям. Поэтому качественное обоснование и планирование проектов реконструкции требуют разработки методики моделирования и дальнейшей оптимизации из самых важных критериев.

Использование традиционных методов моделирования инвестиционно-строительных процессов не дает возможности оценить эффективность вариантов различных решений. Моделирование таких вариантов и анализ экспериментально-статистических моделей позволит определить лучшее решение по выбранным критериям эффективности.

**Цель исследования, постановка задачи.** Целью исследования является разработка алгоритма оптимизации организационных, технологических и фи-

нансовых решений, принятых при реконструкции высотных инженерных сооружений. Поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать техническое состояние высотных инженерных сооружений в Украине.
2. Рассмотреть организационно-технологические условия, возникающие при реконструкции высотных инженерных сооружений.
3. Разработать алгоритм оптимизации проектов реконструкции по заданным критериям.

**Изложение основного материала.** Рассмотрим техническое состояние высотных инженерных сооружений Украины, проанализируем условия выполнения строительно-монтажных и восстановительных работ на этих объектах. Данный анализ приведен в таблице 1 [1-11]. Он показал, что из десяти высотных инженерных сооружений в Украине четыре находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и требуют немедленного проведения работ по реконструкции. Еще три здания эксплуатируются в особо агрессивных условиях и могут потребовать ремонтно-восстановительных работ в ближайшее время. Остальные сооружения эксплуатируются в условиях, соответствующих проектным решениям, и на них проводятся ремонтные работы в плановом режиме. Таким образом, большая часть высотных инженерных сооружений Украины может рассматриваться как объекты реконструкции в срочной или среднесрочной перспективе. Такие проекты имеют существенные ограничения по технологическим и финансовым условиям проведения работ. Некоторые из них являются стратегически важными объектами, поэтому не могут быть надолго выведены из работы, что дополнительно накладывает организационные ограничения.

**Алгоритм решения оптимизационных задач с помощью экспериментально-статистического моделирования.** Предложенная методика экспериментально-статистического моделирования и оптимизации организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений реализуется с помощью общего алгоритма проведения оптимизационных исследований строительного производства с применением экспериментально-статистического моделирования [12-14].

Ниже более подробно описан предлагаемый алгоритм оптимизации.

1.1 Проведение и анализ результатов технического обследования высотных инженерных сооружений.

1.2 Разработка проектной документации: чертежей стадии П, проекта организации строительства, локального, сводного сметных расчетов и т. п. (при необходимости).

1.3 Поиск альтернатив базового проекта, составление номенклатуры, расчет трудозатрат и расценок на комплексы работ (при необходимости).

2.1 Назначение степеней рисков реализации выбранных организационно-технологических и финансово-экономических схем (при необходимости).

2.2 Анализ финансово-экономических и организационно-технологических результатов завершенных проектов (при необходимости).

2.3 Многокритериальный анализ имеющихся технологических, финансовых и др. альтернатив.

2.4 Определение наиболее важных показателей и факторов, влияющих на них.

Таблица 1 – Анализ технического состояния высотных инженерных сооружений Украины

Наименование выс. инж. сооружения	Краткая характеристика	Техническое состояние объекта	Особые условия проведения строительных и восстановительных работ
Киевская телебашня	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - г. Киев.</li> <li>– Строй-во - 1968-1973 г.</li> <li>– Высота - 385 м.</li> <li>– архитектор - Виталий Шимановский.</li> <li>– Тип - решетчатая мачта.</li> <li>– масса М/К башни - 2700 т.</li> </ul>	Удовлетворительное. Возможны загорания кабельно-проводниковой продукции, скрытая коррозия несущих металлических конструкций.	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Ограниченные условия выполнения работ.</li> <li>–Отсутствие рабочих мест большой площади, есть только небольшие площадки обслуживания.</li> <li>–Отсутствует ветрозащита.</li> </ul>
Донецкая телемачта	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - г. Донецк.</li> <li>– Строительство – 1992.</li> <li>– Высота - 360,5 м.</li> <li>– Тип - решетчатая мачта с тросовыми растяжками.</li> </ul>	Удовлетворительное. Возможно возгорание кабельно-проводниковой продукции, скрытая коррозия несущих металлических конструкций.	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Отсутствует защита от ветра.</li> <li>–Отсутствие рабочих мест большой площади, есть только небольшие площадки обслуживания.</li> <li>–Ограниченные условия выполнения работ</li> </ul>
Телевизионная башня Винница	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Местонахождение - г. Винница.</li> <li>–Строительство - 1961 г.</li> <li>–Высота - 354 м.</li> <li>–Тип - Стальная мачта трубчатой конструкции с тросовыми растяжками.</li> </ul>	Неудовлетворительное. Высокая степень коррозии сварных швов. Требуется замена и капитальный ремонт поддерживающих рей и тросовых оттяжек.	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Нужна замена протяженных металлических элементов (рей и тросов), которые находятся на большой высоте.</li> <li>–Ограниченные условия выполнения работ.</li> <li>–Отсутствует защита от ветра.</li> </ul>
Дымовая труба ТЭЦ-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Местонахождение - Харьковская область.</li> <li>–Строительство - 1991 г.</li> <li>–Высота - 330 м.</li> <li>–Тип - Дымовая труба.</li> </ul>	Удовлетворительное. Возможны повреждения вследствие температурных деформаций и солнечной радиации. На несущую способность внешней железобетонной трубы влияют ветровой напор и агрессивные условия эксплуатации.	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Ограниченные условия выполнения работ при восстановлении конструкций, доступных только при работе в проходном зазоре.</li> <li>–Трудности восстановления трещин вследствие сложной формы башни и большой высоты выполнения работ.</li> </ul>

Дымовая труба Зуевской ТЭС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - Донецкая область.</li> <li>– Строительство - 1981 г.</li> <li>– Высота - 330 м.</li> <li>– Тип - Дымовая труба.</li> </ul>	Неудовлетворительное. Нужно техническое обследование и восстановление металлоконструкций подвесок и несущего каркаса газоотводящего ствола и других элементов; поверхности теплоизоляции газоотводящего ствола.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограниченные условия выполнения работ при восстановлении защитного облицовки.</li> <li>– Трудности восстановления металлоконструкций и защитного покрытия вследствие сложной формы башни и большой высоты выполнения работ.</li> </ul>
Дымовые трубы Запорожской ТЭС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - г. Запорожье.</li> <li>– Строительство - 1975 г.</li> <li>– Высота - 320 м.</li> <li>– Тип - Дымовая труба.</li> </ul>	Удовлетворительное. Возможны повреждения вследствие температурных деформаций и солнечной радиации. На несущую способность железобетонной трубы влияют ветровой напор и агрессивные условия эксплуатации.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограниченные условия выполнения работ при восстановлении внутренней защитной облицовки.</li> <li>– Трудности восстановления трещин вследствие сложной формы башни и большой высоты выполнения работ.</li> </ul>
Дымовые трубы Углегорской ТЭС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - г. Запорожье.</li> <li>– Строительство - 1975 г.</li> <li>– Высота - 320 м.</li> <li>– Тип - Дымовая труба.</li> </ul>	Неудовлетворительное. Необходимые ремонтно-восстановительные работы вследствие того, что произошел пожар.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограниченные условия выполнения работ при восстановлении защитного облицовки.</li> <li>– Трудности восстановления защитного покрытия вследствие сложной геометрической формы башни и большой высоты выполнения работ.</li> </ul>
Дымовая труба Киевской ТЭЦ-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - г. Киев.</li> <li>– Строительство - 1982 г.</li> <li>– Высота - 270 м.</li> <li>– Тип - Дымовая труба.</li> </ul>	Удовлетворительное. Возможны повреждения вследствие температурных деформаций и солнечной радиации. На несущую способность железобетонной трубы влияют ветровой напор и агрессивные условия эксплуатации.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограниченные условия выполнения работ при восстановлении внутренней защитной облицовки.</li> <li>– Трудности восстановления трещин вследствие сложной формы башни и большой высоты выполнения работ.</li> </ul>
Мачта радицентра в Броварах	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Местонахождение - г. Киев.</li> <li>– Высота - 259,5 м.</li> <li>– Тип - Стальная мачта трубчатой конструкции с тросовыми растяжками.</li> </ul>	Неудовлетворительное. Высокая степень коррозии сварных швов и элементов несущих конструкций. Требуется замена и капитальный ремонт поддерживающих рей и тросовых оттяжек.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Нужна замена протяженных металлических элементов (рей и тросов), находятся на большой высоте.</li> <li>– Ограниченные условия выполнения работ.</li> <li>– Отсутствует защита от ветра.</li> </ul>

<p>Монумент-скульптура «Родина-мать»</p>	<p>– Местонахождение - г. Киев.          – Строительство - 1981 г.          – Общая высота с постаментом - 102 метра; высота скульптуры - 62 м.          – Вес сооружения - 450 т.          – Тип - Стальная мачта.</p>	<p>Удовлетворительное. Возможна коррозия элементов обшивки статуи. Несущие конструкции статуи не имеют повреждений.</p>	<p>– Сложности восстановления обивки, связанные с высокими архитектурными и эстетическими требованиями к результату восстановительных работ.          – Трудности проведения восстановительных работ вследствие сложной геометрической формы башни и большой высоты выполнения работ.</p>
--	---	---	---

3.1 Построение и обоснование плана проведения эксперимента, проверка его адекватности реальным условиям по организационно-технологическим и / или финансово-экономическим критериям.

3.2 Построение экспериментальных моделей выполнения проекта реконструкции с помощью специализированного программного обеспечения в соответствии с планом проведения эксперимента.

4.1 Определение предельно допустимой погрешности и ошибки эксперимента.

4.2 Построение экспериментально-статистических моделей зависимости избранных показателей от исследуемых факторов с помощью специализированного программного обеспечения для обработки экспериментальных данных.

5.1 Предварительный анализ наиболее общих закономерностей исследования путем анализа матрицы результатов эксперимента.

5.2 Качественный анализ результатов по полученным аналитическим моделям изменения показателей.

5.3 Ранжирование факторов по степени влияния на показатели в зоне максимумов и минимумов, средних значений и синергизма (при необходимости).

5.4 Проведение экспериментальных исследований с меньшим количеством факторов или с ограничением области варьирования факторов (при необходимости).

5.5 Построение базовых многомерных графиков зависимости показателей от всех исследуемых факторов, их анализ и поиск областей факторного пространства, содержащих точки оптимума.

5.6 Изучение некоторых областей факторного пространства путем построения моделей с использованием вероятно оптимальных организационно-технологических режимов.

5.7 Сравнение нескольких точек оптимума по выбранным критериям: организационным, технологическим, финансовым и др. (при необходимости).

5.8 Построение много- и одномерных графиков с введением ограничений по значениям показателей и факторов.



6.1 Количественный анализ полученных зависимостей и принятия оптимального решения о выборе организационно-технологических и финансово-экономических моделей проектов реконструкции.

6.2 Приведение найденных оптимальных решений в вид, пригодный для производственного использования:

- календарный график выполнения строительно-монтажных работ;
- графики потребления трудовых и финансовых ресурсов, потребности в машинах и механизмах, отражающие выбранную модель строительного производства;
- технологические карты на производство строительно-монтажных работ методами, признанными оптимальными по результатам исследования;
- таблица денежных потоков по проекту, отражает выбранную модель при заданных ограничениях и содержит показатели эффективности проектов реконструкции по каждому из периодов и в целом по проекту;
- укрупненные графики реализации проектов реконструкции, содержащих подробную финансово-экономическую информацию по проекту.

**Выводы:** 1. Анализ технического состояния высотных инженерных сооружений показал, что многие из них могут требовать реконструкции в особых условиях проведения строительно-монтажных работ. 2. Проведение реконструкции в ограниченных организационно-технологических условиях требует оптимизации по заданным критериям: техническим, финансовым и др. 3. Использование экспериментально-статистического моделирования позволяет выполнять оптимизацию проектов реконструкции высотных инженерных сооружений, с заданной точностью моделируя различные условия проведения работ и оценивая проекты по различным критериям.

**Литература.** 1. В октябре начинается реконструкция Винницкой телемачты, которая уже 10 лет находится в аварийном состоянии [Электронный ресурс] / Осипчук И. - 2000.- Режим доступа к экрану: <http://fakty.ua/104492-v-oktyabre-nachinaetsya-rekonstrukciya-vinnickoj-telemachty-kotoraya-uzhe-10-let-nahoditsya-v-avarijnom-sostoyanii>. 2. Винницкой телевышке 1 октября 2013 года исполнилось 50 лет [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану: <http://vr.com.ua/news/sobitiya/vinnitskaya-televyshka-50-let.html>. 3. Высота дымовых труб ЗаТЭС-320 метров [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану: <http://rost-info.com.ua/news/id3169/vysota-dymovykh-trub-zates-320-metrov.html>. - Дата доступа : 20.11.2014. 4. Гуливеры земных сооружений [Электронный ресурс] /Мащенко И. - 2001.- Режим доступа к экрану: [http://gazeta.zn.ua/CULTURE/gullivery\\_zemnyh\\_sooruzheniy.html](http://gazeta.zn.ua/CULTURE/gullivery_zemnyh_sooruzheniy.html). 5. Дымовая труба [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану: [http://www.chpp5.kharkiv.com/Rus/Excursion/truba\\_rus.shtm](http://www.chpp5.kharkiv.com/Rus/Excursion/truba_rus.shtm). 6. Киевская телебашня [Электронный ресурс] /Тоцкий О. - 2013.- Режим доступа к экрану: <http://tov-tob.livejournal.com/101958.html>. 7. Монумент-скульптура "Родина-мать" [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану:

[http://jallad.io.ua/s104008/monument-skulptura\\_rodina-mat](http://jallad.io.ua/s104008/monument-skulptura_rodina-mat). 8. Пожарники локализовали возгорание в тоннеле Киевской телебашни [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану: <http://odnako.su/news/ukraine/-74155-pojarniki-lokalizovali-vozgoranie-v-tonnele-kievskoy-telebashni/>. 9. Список самых высоких зданий и сооружений Украины [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. 10. Телевизионная мачта (Винница) [Электронный ресурс] - Режим доступа к экрану: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. 11. Вознесенский В.А. Компьютерное материаловедение, экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация композиционных строительных материалов / В.А. Вознесенский // Строительство в России: Прогресс науки и техники. – М.: РИА. – 1993. – С. 97-101. 12. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / Налимов В. В., Чернова Н. А. – М.: Наука, 1965. – 340 с. 13. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Финни Д., перевод с англ. Романовской И. Л. и Хусу А. П., под ред. Линника Ю. В. – М.: Наука, 1970. – 281 с.