

УДК 101+378

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ

П.М. Гламаздин, Н.Е. Журавская<sup>1</sup>

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

e-mail: <sup>1</sup> [nzhur@ua.fm](mailto:nzhur@ua.fm)

*Комплексные учебные дисциплины такие как «Теплоэнергетические установки», «Тепло-снабжение», «Теплогенерирующие установки» и другие, подобные этим, обычно предусматривают в учебных планах экскурсии на действующие объекты. Но экскурсии в лучшем случае дают студентам общее представление о сложности и составе объекта, но не дают возможности осознать взаимосвязи между отдельными элементами изучаемого объекта. Организация лабораторных работ на этих объектах позволяет студентам не только охватить общее устройство, но и в результате измерений параметров, протекающих в отдельных элементах объекта процесса, осознать взаимосвязи между этими процессами.*

**Ключевые слова:** учебный план, комплексные технические дисциплины, лабораторные работы, действующие объекты, реальные объекты.

## FEATURES OF ORGANIZATION OF LABORATORY WORKS IN COMPLEX TECHNICAL DISCIPLINES

P. Glamazdin, N. Zhuravska<sup>1</sup>

Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine

e-mail: <sup>1</sup> [nzhur@ua.fm](mailto:nzhur@ua.fm)

*Complex academic disciplines such as "Heat power plants", "Heat supply", "Heat generating plants" and others like these, usually include excursions to existing facilities in the curriculum. But excursions, at best, give students a general idea of the complexity and composition of the object, but they do not give the opportunity to understand the relationship between the individual elements of the object under study. The organization of laboratory work at these objects allows students not only to cover the general structure, but also as a result of measuring the parameters of the process occurring in the individual elements of the object, to realize the relationship between these processes.*

**Keywords:** curriculum, complex technical disciplines, laboratory work, active objects, real objects.

**Введение.** Массовые распространения смартфонов и всепроникающее влияние интернета привели не только к положительным явлениям, таким как расширение и упрощение доступа к различной информации, в том числе и технической, но и к некоторым отрицательным последствиям в том числе и развитию у значительной части молодежи так называемого «клипового мышления», когда человеку тяжело воспринимать целиком какой-либо сложный объект и понимать взаимосвязи между отдельными элементами этого объекта. В результате у студентов возникают трудности с усвоением таких комплексных дисциплин как «Теплогенерирующие установки», «Теплоснабжение», «Строительная теплофизика», «Теплоэнергетические установки» и другие, в структуре которых наличествует много элементов с одновременно

протекающими различными физическими процессами, но которые тесно связаны между собой, представляют единое целое. Одним из способов преодоления этих трудностей может быть введение в учебные программы на младших курсах дисциплины «Системный анализ» в качестве обязательной с разделом «Функционально-стоимостный анализ». Другим направлением преодоления трудностей в восприятии комплексных технических дисциплин может быть организация лабораторных работ на действующих объектах.

Подобный опыт имелся в прошлом. Например, в Московском энергетическом институте проводились лабораторные работы по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» в котельной учебно-экспериментальной ТЭЦ МЭИ [1]. Однако такие возможности были и остаются в единичных учебных заведениях. На таких объектах на стадии проекта предусматривались возможности проведения лабораторных работ с соответствующим приборным обеспечением.

В обычных промышленных объектах, в том числе теплоэнергетических, подобные возможности не предусматривались, да и приборное обеспечение не обеспечивало подобных возможностей. Однако, в последнее время положение изменилось. Во-первых, произошли изменения в приборном обеспечении самих объектов – появились приборы с большой точностью измерений и возможностью запоминания больших объемов данных измерений. Во-вторых, появилась необходимость в точной фиксации расходов энергоносителей и теплоты, что привело к повсеместному оснащению теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования коммерческими узлами учета расходования и отпуска энергии. Эти обстоятельства послужили основой для разработки методик проведения лабораторных работ на базе действующего оборудования. Появление надежных и малоразмерных переносных измерительных приборов с функциями нормирующих преобразователей и автоматической программируемой обработкой передачи данных к стационарным компьютерам послужили дополнительным стимулом к разработке новых лабораторных работ.

**Основная часть.** Проведение лабораторных работ на действующей теплогенерирующей отопительной установке дает возможность провести ряд измерений, последующая обработка которых позволит студентам лучше усвоить взаимосвязь разных элементов котельной и влияние эффективности работы отдельных ее подсистем на эффективность ее работы в целом. Например, два простейших замера – измерение расхода газа на входе в котельную установку и измерение количества теплоты, отпущенной котельной, позволяют определить удельный расход топлива на генерирование теплоты в ней и, соответственно, ККД брутто котельной ( $\eta^{к.у.бр}$ ), используя данные по теплотворной способности газа, получаемые у обслуживающего персонала котельной в виде копии справки о  $Q_{н}^p$  от газоснабжающей организации [2]:

$$\eta^{к.у.бр} = q_1 = [100 \cdot Q_1] / [B \cdot Q_{н}^p] \quad (1)$$

где  $Q_1$  – отпущенное количество теплоты;

$B$  – расход газа;

$Q_{н}^p$  – низшая теплотворная способность газа;

Из полученных данных можно получить расход теплоты на собственные нужды.

$$Q_{сн}^{к.у.} = B \cdot Q_{н}^p - Q_1 \quad (2)$$

При этом собственные нужды котельной будут включать в себя

$$Q_{сн}^{к.у.} = Q_1 + Q_d + Q_y + Q_{хн} + Q_{п} \quad (3)$$

где  $Q_d$  – расход теплоты на деаэрацию подпиточной воды;

$Q_y$  – расход теплоты на умягчение подпиточной воды;

$Q_{\text{зд}}$  – расход теплоты на отопление здания котельной и ГВС;

$Q_{\text{п}}$  – потери в трубопроводах, арматуре и прочее.

Расход теплоты на процессы химической подготовки воды в первом приближении можно получить, измерив расход воды на подпитку и замерив соответствующие температуры в деаэраторе и натрий-катионитовых фильтрах. Расходы теплоты на хозяйственные нужды можно получить, измерив соответствующие расходы воды в системах отопления с помощью накладных ультразвуковых расходомеров и датчиков температуры, а потери  $Q_{\text{п}}$  можно взять в справочной литературе, например, в [3]. Используя современный газоанализатор, студенты могут получить возможность измерить напрямую ККД котла нетто, а также и определить его экологические характеристики. Газоанализатор дает возможность определить одновременно и потерю с уходящими  $q_2$ . Точность определения этой потери можно проконтролировать при помощи электронных дифференциальных манометров и датчиков температуры, помещенных в газоход за котлом.

Отдельная лабораторная работа может быть посвящена определению потерь теплоты через обмуровку  $q_5$ . Для этого можно использовать фактические параметры, производя измерения в центрах квадратов на обмуровке котла, полученных предварительной разбивкой площади каждой стены котла и отдельно свода и (если такая возможность есть) пода котла. Затем определяются теплотери расчетным путем с использованием расчетного аппарата теории теплопередачи для естественной конвекции. В этой же лабораторной работе можно провести контроль правильности выбранной степени черноты поверхности обмуровки, введенной в оптический пирометр перед началом измерений, произведя измерения температуры в центре доступных квадратов при помощи контактных датчиков температуры. В этой же лабораторной работе можно с помощью тепловизора показать повреждения обмуровки внутри котла, наличие которых можно определить только в инфракрасном спектре (рисунок 1). Получив данные по  $q_2$  и  $q_5$ , используя уравнение обратного теплового баланса (для газа) [4], можно определить потерю от химического недожога  $q_3$ .

$$\eta_{\text{обр}} = 100 - q_2 - q_3 - q_5 \quad (4)$$

где  $q_2, q_5, \eta_{\text{обр}}$  – измеренные величины.

Кроме того, имея данные состава продуктов сгорания, полученные с помощью газоанализатора, можно определить  $q_3$  расчетным путем [4] и сравнить с опытными данными.

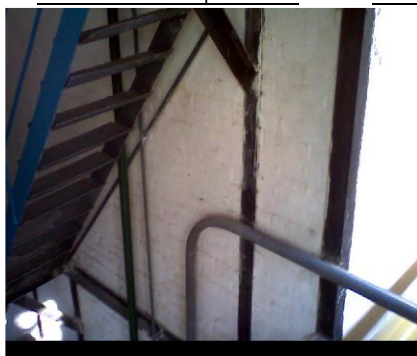
Опыт проведения подобных лабораторных работ показал, что усвоение знаний по дисциплине «Теплогенерирующие установки», довольно сложной для восприятия в связи с большими объемами разнородных процессов, протекающих в таких установках, значительно углубилось.

Если есть возможность проводить лабораторные работы в котельной с присоединенной четырехтрубной системой теплоснабжения, то в ней можно провести и работы по дисциплинам «Теплоснабжение» и «Горячее водоснабжение». В первом случае можно определить соотношение нагрузок на отопление и горячее водоснабжение, используя имеющиеся на выходах теплосчетчики и расходомер холодной воды для системы ГВС. Для системы ГВС можно так же определить потери теплоты в циркуляционном водопроводе (в случае закрытой системы). Имея соотношение нагрузок можно определить и удельный расход топлива на каждую из систем.

Фронтальная поверхность



Боковая поверхность



Поверхность конвективной части



Изображение в видимом спектре

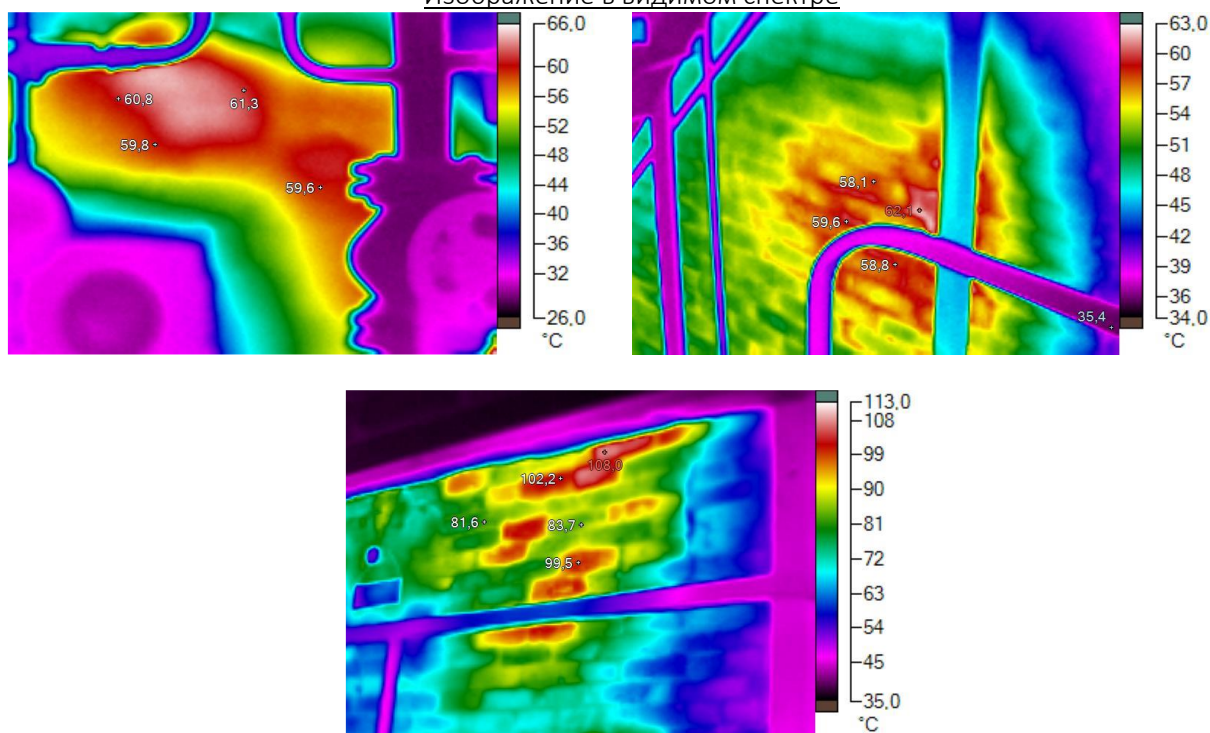


Рисунок 1. – Результаты тепловизионного контроля наружных поверхностей обмуровки котла

В дисциплине «Теплоснабжение» можно проводить лабораторные работы в действующих индивидуальных тепловых пунктах. Например, используя накладной расходомер, измерить потоки теплоносителя из обратной трубы в подающую через трехходовый смесительный клапан на подающей магистрали. Кроме того, используя тот же накладной расходомер можно показать работу системы автоматического управления режимом теплового пункта по «приоритету горячего водоснабжения». Такие работы у нас проводятся в тепловых пунктах зданий университета.

Есть работы, которые невозможно провести в течении отпущенного для их проведения двух-четырёх часов учебного времени. Это работы, которые показывают управление тепловым пунктом, в смысле применения потребления теплоты на нужды отопления и вентиляции в зависимости от температуры наружного воздуха или с изменением потребления теплоты на нужды горячего водоснабжения в течении суток. Такие работы проводятся на лабораторном стенде, включающем все элементы реального теплового пункта, но с возможностью имитации реальных изменений нагрузки в ускоренном режиме. Источником теплоты в этом случае слу-

жит электрический водонагреватель. Полученные результаты студенты сравнивают с результатами по потреблению теплоты, зафиксированными в индивидуальных тепловых пунктах в учебных корпусах и общежитиях университета.

Подобный подход дает возможность глубже осознать связь режимов работы тепловой сети с режимами работы внутренних инженерных систем и принципами функционирования системы автоматического управления индивидуального теплового пункта.

Особняком стоят лабораторные работы по дисциплине «Строительная теплофизика». Лабораторными работами предусмотрено исследование температурного поля в ограждающих конструкциях зданий, как светопрозрачных, так и непрозрачных. Для непрозрачных ограждений предусмотрено исследование температурного поля в трех вариантах конструкций – в простенке между окнами, в глухой стене длиной 6 метров без окон (посередине) и в месте примыкания двух стен (угол). В этих местах в стены заложены термопары градуировки ХК по пять штук начиная с наружной поверхности стен на расстоянии 10 мм от поверхности и до внутренней поверхности через каждые 15 мм. Термопары выведены на измерительные преобразователи, которые преобразовывают и усиливают их сигнал в нормированный сигнал 0-10V и передают в компьютер, в котором эти сигналы фиксируются, запоминаются и выводятся на дисплей в виде распределения температур по толщине стены. Программа обработки данных позволяет строить графики изменения температурного поля по времени.

Таким образом, студент может получать картину температурного поля, зафиксированную во время лабораторной работы и в дальнейшем развитии на протяжении суток. Более того, проведение работы предусмотрено в два этапа на протяжении семестра – во время отопительного сезона при отрицательной температуре наружного воздуха и при положительной температуры на уровне  $\sim 20^{\circ}\text{C}$ . Это дает ему возможность осознать характер изменения температурного поля в стене на протяжении года.

Для изучения температурных полей в светопрозрачных ограждениях – окнах, в помещении лаборатории одно окно выполнено с двойным стеклопакетом, а другое - с одинарным. На наружном стекле со стороны атмосферного воздуха, закреплены по три термопары на обоих окнах. Точно также закреплены по три термопары и на внутренних стеклах со стороны помещения лаборатории. Термопары прикрыты толстым стеклом, как показано на рисунке 2, со специальной канавкой с тем, чтобы их можно было извлечь для поверки.



Рисунок 2. – Размещение термопар на светопрозрачных ограждениях

Термопары выведены на компьютер также, как и для непрозрачных ограждений. Термопары выбраны в качестве датчиков температуры, из-за малых размеров их рабочих спаев («корольков») и большого быстродействия, которое дает возможность оценить влияние солнечного излучения на температурное поле окон. Типичная картина изменения температур окон при затемнении тучами солнца и без подобного затемнения показана на рисунке 3.

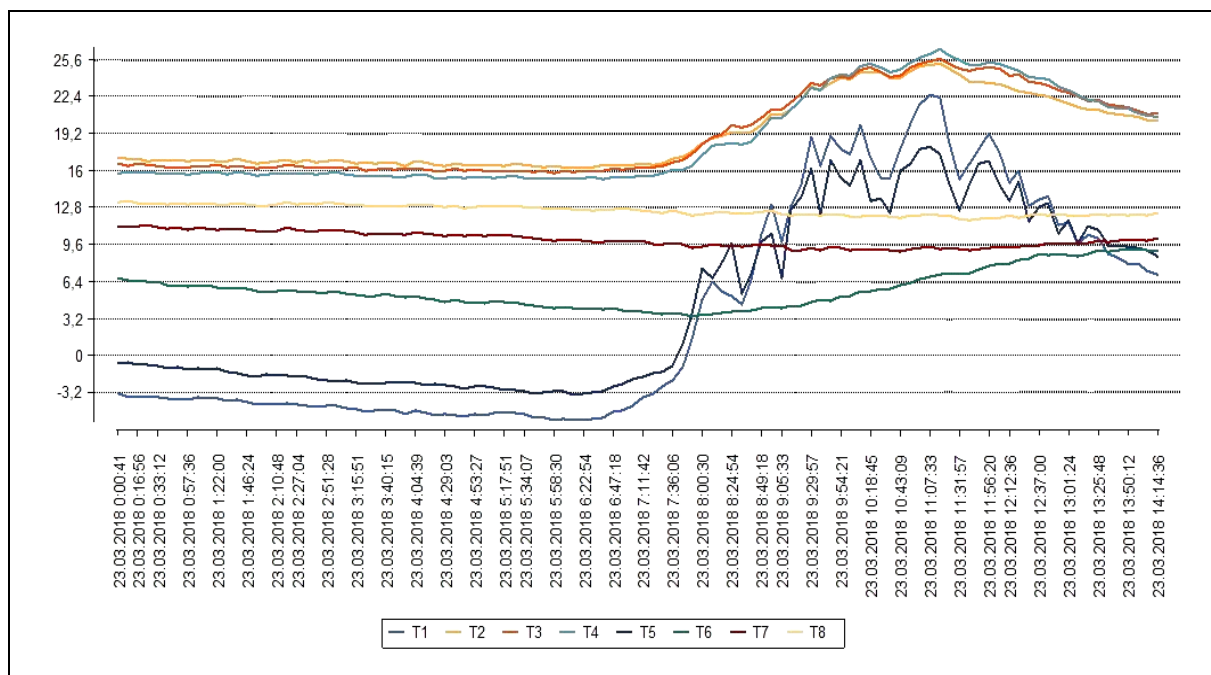


Рисунок 3. – Типичная картина изменения температур окон при затемнении тучами солнца и без затемнения

**Заключение.** Опыт разработки и использования лабораторных работ для комплексных учебных дисциплин на базе реальных объектов на протяжении нескольких лет показал, что подобные работы способствуют углубленному усвоению студентами информации и пониманию процессов, протекающих в элементах реальных объектов и их взаимосвязей.

Кроме того, использование новейших измерительных приборов позволяет познакомить студентов с последними новинками в области информационно-измерительной техники.

Используя уже накопленный опыт, разрабатываются новые лабораторные работы, которые позволят расширить номенклатуру учебных дисциплин, в которых будет использоваться уже предложенный материал.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Испытание оборудования котельного отделения. Лабораторный практикум по курсу «Котельные установки и парогенераторы» под редакцией Линова Ю.М. Московский энергетический институт, 1987. – 68 с.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) под ред. Н.А. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973.
3. Либерман Н.Б. Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения / Н.Б. Либерман, М.Т. Нянковская. – М.: Энергия, 1979. - 224 с.
4. Янкелевич В.И. Наладка газомазутных промышленных котельных / В.И. Янкелевич. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 216 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОСТАВ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА .....	4
СОСТАВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА.....	5

### Секция I

#### АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

<i>Духанов С.С.</i> ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПРИЕМОВ НАРОДНОГО ЗОДЧЕСТВА В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОСЛЕВОЕННОЕ ДЕСЯТИЛИТИЕ (1946–1956 гг.) .....	6
<i>Дергунов С.А., Спирина А.Ю., Аблязова И.В., Махина Д.С.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СВОЕВРЕМЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЛОЯ ИЗНОСА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ .....	14
<i>Жуков Д.Д., Змитрович Д.П.</i> ДИЗАЙНЕРСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ НЕДОСТАТКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ КВАРТИРЫ .....	18
<i>Кириллова И.Л., Барановская А.Д.</i> ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ НАВИГАЦИИ ТОРГОВОГО ЗАЛА СЕТИ МАГАЗИНОВ «НИКА» .....	26
<i>Михальков В.С., Латышев С.В.</i> БЛАГОУСТРОЙСТВО ВНУТРЕННИХ ПРОЕЗДОВ, ТРОТУАРОВ И ВЕЛОДОРОЖЕК.....	31
<i>Попова А.В., Скидан А.А.</i> СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ ВО ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ.....	36
<i>Самутина Н.Н., Захаревич В.Д.</i> РОЛЬ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ СРЕДЫ ДЕТСКОЙ ШКОЛЫ ИСКУССТВ.....	43
<i>Сергачев С.А.</i> НОВОПОЛОЦК: ФОРМАТ И ОБРАЗЫ АРХИТЕКТУРЫ ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ.....	49
<i>Оденбах И.А., Таурит Е.Б.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «БЕЗОПАСНЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ» В РАМКАХ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ОРЕНБУРЖЬЯ .....	56
<i>Аимбетов И.К., Бекимбетов Р.Т.</i> К ВОПРОСУ НАДЕЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. НУКУСА, УЗБЕКИСТАН) .....	61

### Секция II

#### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

<i>Гиль А.И., Лазовский Е.Д.</i> НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК С ГИБРИДНЫМ АРМИРОВАНИЕМ.....	68
<i>Турищев Л.С.</i> К ВОПРОСУ О КРИТЕРИИ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ.....	72
<i>Гламаздин П.М., Черненко А.Д.</i> ВИЗУАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЫМОВЫХ ТРУБ С ПОМОЩЬЮ КВАДРОКОПТЕРОВ .....	78
<i>Дуткевич М., Гринев В.В., Мрозик Л., Лампарски Т., Гаевски Ю., Пломиньски Б.</i> АНАЛИЗ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКЕ КОЛОНН, АРМИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНОЙ АРМАТУРОЙ, С УЧЕТОМ ЭФФЕКТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА.....	84
<i>Кремнев А.П., Кремнева Е.Г.</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЕНОБЕТОНА ПРИ НАДСТРОЙКЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭТАЖЕЙ.....	95

<i>Ладных И.А.</i> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННЫХ СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ НА «УВ-ОБОЙМЕ» .....	100
<i>Павлова И.П., Беломесова К.Ю.</i> ВЛИЯНИЕ ВИДА ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ С ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИЕЙ РАСШИРЕНИЯ .....	111
<i>Ржевуцкая В.А.</i> РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА .....	119
<i>Седляр Т.Н.</i> К ВОПРОСУ О СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ АРМАТУРЫ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ С КЕРАМЗИТОБЕТОНОМ .....	123
<i>Шилов А.Е., Чечуха Е.Г., Янушкевич О.А.</i> ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ПО ДЕЙСТВУЮЩИМ ТНПА РБ И РАЗНЫХ СТРАН .....	127
<i>Глухов Д.О., Лазовский Д.Н., Глухова Т.М.</i> АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТЕРЖНЕВОЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ .....	135
<i>Леонович С.Н., Литвиновский Д.А., Будревич Н.А.</i> ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ БЕТОНА ВНОВЬ ВОЗВОДИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР .....	142
<i>Потес Т.А., Леонович С.Н.</i> БЕТОН, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГРАФЕНОМ .....	147
<i>Кремнева Е.Г.</i> О СОПРОТИВЛЕНИИ СРЕЗА ПО КОНТАКТУ МЕЖДУ БЕТОНАМИ, УКЛАДЫВАЕМЫМИ В РАЗНОЕ ВРЕМЯ .....	151

### Секция III

#### РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Опанасюк И.Л., Данилов С.В.</i> ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ЕЕ УСИЛЕНИИ ИЛИ ВОССТАНОВЛЕНИИ .....	157
<i>Дергунов С.А., Сатюков А.Б., Спирина А.Ю., Лопонов С.А.</i> БЫСТРОВОВОДИМЫЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ДОРОГИ В МЕСТАХ СИЛЬНОГО ИЗНОСА (НА ПЕРЕКРЕСТКАХ) .....	161
<i>Хвостова А.А., Антоненко Н.Н., Орехов С.А., Дергунов С.А.</i> АКУСТИЧЕСКИЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ .....	167
<i>Бакатович А.А., Бакатович Н.В., Петеренко И.А., Гаспар Ф.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ТРОСТНИКА .....	170
<i>Лагизова Т.В., Рубцова В.Н.</i> КОМПОЗИЦИОННОЕ ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ТВЕРДЕНИЯ .....	177
<i>Полонина Е.Н.</i> ВЛИЯНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА И ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ .....	181
<i>Серикова О.В., Дергунов С.А., Сериков С.В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКОВОГО ЩЕБНЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ .....	186
<i>Турчанинов В.И., Кабанова В.В., Махина Д.С.</i> РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА УТИЛИЗАЦИИ СЕРНОГО АНГИДРИДА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭС .....	191
<i>Хамидов А., Ёкубов А.А., Умаров И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	198
<i>Хамидов А.И., Ахмедов И., Юсупов Ш., Кузибаев Ш.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСА В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	202



<i>Шевцова Т.И., Махина Д.С., Попова К.А.</i> ЦЕМЕНТОПЕСЧАНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ .....	206
<i>Yagubkin A., Jinbin Y., Zhixu Zh.</i> COMPOSITES BASED ON ORGANIC MATERIALS AND METHODS OF REMOTE CONTROL OF THEIR QUALITY DURING EXPLOITATION .....	211
<i>Хватынец В.А., Парфёнова Л.М.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ .....	216
<i>Романовский С.А., Бакатович А.А.</i> ПЛИТЫ ИЗ ОЧЕСОВ ЛЬНА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ СТЕНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ КАРКАСНОГО ДОМА .....	220
<i>Боровкова Е.С., Шабанов Д.Н., Окунев Д.О.</i> ОЦЕНКА РЕСУРСА ИЗДЕЛИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ВЯЖУЩЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	228
<i>Латушко О.О., Шабанов Д.Н.</i> К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКУСТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ .....	234

#### Секция IV

### ЭНЕРГОРЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ И ПРИРОДООХРАННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

<i>Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЛОВ СЕРИИ ПТВМ.....	241
<i>Мельянцова И.И., Самолыго Т.С.</i> ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	245
<i>Ланкович С.В.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ ВОЗДУХО-ВОЗДУШНОГО РЕКУПЕРАТИВНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА .....	249

#### Секция V

### ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ МИРА, ЕГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

<i>Кузякова О.Д.</i> ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО РИСУНКА СТУДЕНТАМ ДИЗАЙНЕРСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ .....	256
<i>Протасевич А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СТУДЕНТАМИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ» .....	261
<i>Разумник И.А., Цыбукова Ю.П., Петровская О.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ.....	264
<i>Яловая Н.П., Яловая Ю.С.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	269
<i>Кремнева Е.Г., Кушаева Э.Р.</i> ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В СОЮЗНОМ ГОСУДАРСТВЕ НА ПРИМЕРЕ КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	274
<i>Гламаздин П.М., Журавская Н.Е.</i> ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ.....	279

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2021

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания  
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

**Редакционная коллегия:**

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,  
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, Е. Г. Кремнева, А. М. Хаткевич

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.  
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379**

**ISBN 978-985-531-779-2**

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич*.

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С. Е. Рясовой*.

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

---

Подписано к использованию 16.11.2021.

Объем издания: 13 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 736.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>