

ISSN 2617-1848



СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (10) март-апрель 2020



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства ДНР



Министерство образования
и науки ДНР



**70 ЛЕТ ПОДГОТОВКИ
ИНЖЕНЕРОВ-СТРОИТЕЛЕЙ
В ДОНБАССЕ**

www.donnasa.ru

1947 1950 1967 1972 1993 1994 2004 2015 2017

г. Макеевка, ул. Державина, 2

**Для прохождения обязательной сертификации специалистов
в сфере архитектурно-строительной деятельности,
в соответствии с Приказом 138- од от 24.07.2018 г.
Министерства строительства и ЖКХ Донецкой Народной Республики**

**ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**



ПРИГЛАШАЕТ

**СОТРУДНИКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ:**

- 1. Технический надзор в строительстве;**
- 2. Сметное дело;**
- 3. Обеспечение безопасного состояния зданий и сооружений;**
- 4. Проектирование и строительство в сложных инженерно-геологических условиях**

**Подробная информация по телефонам:
(071) 398-63-07, (071) 341-66-36**

**С 19 МАРТА 2020 ГОДА
ДО ОСОБОГО РАСПОРЯЖЕНИЯ
РЕАЛИЗУЕТСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ
ПРОЦЕСС В СИСТЕМЕ
ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ**



ISSN 2617-1848

Научно-практический журнал

СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

Издаётся с ноября 2017 года

Выходит один раз в три месяца

№ 1 (10),

Март-апрель 2020 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор	Е.В. ГОРОХОВ, д. т. н., профессор
Зам. главного редактора (научный редактор)	Н.М. ЗАЙЧЕНКО, д. т. н., профессор
Ответственная за выпуск (выпускающий редактор)	Н.Х. ДМИТРИЕВА
Ответственный редактор	Б.В. КЛЯУС

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА

ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
Министерства образования и науки
Донецкой Народной Республики
при поддержке Министерства строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Донецкой Народной Республики

АДРЕС РЕДАКЦИИ

86123, Донецкая Народная Республика,
г. Макеевка, ул. Державина, дом 2. ГОУ ВПО «ДОННАСА»
Web: strdon.donnasa.ru. Электронная почта: strdon@donnasa.ru
Контактный телефон: (071) 363-74-63

Печатается по решению Ученого Совета
ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
Протокол № 6 от 25.02.2020

Перепечатка, копирование и воспроизведение всех
материалов журнала возможны только с письменного
разрешения редакционной коллегии

«Свободная цена»

Свидетельство о регистрации средства массовой
информации № 000217, выдано 18.03.2019 года
Министерством информации
Донецкой Народной Республики

Приказом МОН ДНР № 99 от 17.01.2020 г. журнал включен
в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук

Подписано в печать 23.03.2020. Формат 60 × 90^{1/8}.
Бум. мелов. Усл. печ. л. 5,00. Тираж 300 экз. Заказ № 75

ООО «Издательско-полиграфическое предприятие «Проминь»
83059, г. Донецк, пр. Ильича, 109а
Свидетельство о государственной регистрации № 27235,
выдано 03.12.2014 года Департаментом государственной
регистрации Министерства доходов и сборов
Донецкой Народной Республики

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Агеев В.Г. – НИИГД «Респиратор», ДНР
Бенаи Х.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Большаков А.Г. – ИрННТУ, РФ
Братчун В.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Брюханов А.М. – ГУ МакНИИ, ДНР
Бумага А.Д. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Высоцкий С.П. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Гайворонский Е.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Горожанкин С.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Горохов Е.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Дорофиенко В.В. – ГОУ ВПО «ДонаУиГС при Главе ДНР»
Долженков А.Ф. – ГУ МакНИИ, ДНР
Дрозд Г.Я. – ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ им. Даля»
Ефремов А.Н. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Зайченко Н.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Иванов М.Ф. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Куликов Н.И. – ЮРГПУ (НПИ), РФ
Левин В.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Левченко В.Н. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Лобов И.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Лобов М.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Лукьянов А.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Мамаев В.В. – НИИГД «Респиратор», ДНР
Муксинов Р.М. – КРСУ, Кыргызстан
Мушанов В.Ф. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Нагаева З.С. – ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», РФ
Назим Я.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Найманов А.Я. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Насонкина Н.Г. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Наумец С.С. – МИНСТРОЙ ДНР
Нездойминов В.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Нечепаев В.Г. – ГОУ ВПО «ДонНТУ», ДНР
Олексюк А.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Пенчук В.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Петраков А.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Пономоренко Е.В. – СамГТУ, РФ
Радионов Т.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Севка В.Г. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Семченков Л.В. – МИНСТРОЙ ДНР
Сердюк А.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Тищенко В.П. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Шаленный В.Т. – ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», РФ
Шолух Н.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР
Югов А.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР

СО Д Е Р Ж А Н И Е

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В. В. Жеванов

ХОЛОДНЫЕ АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНЫ
НА ЖИДКИХ БИТУМОПОЛИМЕРНЫХ
ВЯЖУЩИХ.....4

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Т. В. Луцко, В. В. Бахмаченко, А. С. Гуляев

ОЦЕНКА ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ
АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКОВ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ
СТРЕЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ8

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СООРУЖЕНИЯ

А. А. Крысько

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТНЫХ
НЕСОВЕРШЕНСТВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
ФОРМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА 13

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Д. В. Выборнов, Д. А. Кирилюк

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ
КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОКОВ С
ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ.. 18

Н. В. Долгов, Т. В. Селютина

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ОТОПЛЕНИЯ 25

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

О. Н. Шевченко, Ю. А. Ташкинов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ
КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ
В ХОДЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ПОДГОТОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ.....31

S U M M A R Y

V. V. Zhevanov

COLD ASPHALT-SLAG CONCRETE ON THE BASE OF LIQUID BITUMEN-POLYMER BINDERS

The article gives comparative results of studies of the deformation-strength properties of cold asphalt slag concrete on liquid bitumen-polymer binders. It has been shown that it is possible to improve significantly the deformation-strength characteristics of cold asphalt and slag concrete within an optimal combination of coagulation contacts between slag particles through adsorption-solvate structured layers of organic binder and crystallization-condensation contacts with direct intergrowth of crystals of hydrated slag minerals. It has been established that the ultimate strength increases asphalt structure formation due to the gradual development of the hydration processes of mineral grains of slag. The comparison of traditional cold asphalt concrete and the studied asphalt slag concrete modified with Butonal NS 198 latex or Kraton D 1101 thermoplastic elastomers shows that the compressive strength of the last ones is 1.5 - 1.6 times greater.

Key words: open-hearth slag, asphalt slag concrete, strength, density, polymer modifier.

T. V. Lutsko, V. V. Bakhmachenko, A. S. Guliaev

EVALUATION OF THE SERVICE AREA OF HYDRAULIC LIFTS FOR VARIOUS POSITIONS OF THE BOOM EQUIPMENT

The article discusses the effectiveness of the use of boom equipment of hydraulic lifts in terms of assessing their service area (under-boom space). Cylinder-cranked and telescopic articulated boom lifts are used as comparison objects. The analytical dependences of constructing the trajectory of the elevator cradle are obtained. Various types of boom equipment were developed in the software package to account their displacement under loadings for designing a service area. The coordinate errors correction must be introduced into analytical dependences for more accurate designing of the cradle trajectory, as well as for the assessment of the service area of the hydraulic lift. As a result, altitude characteristics were obtained that take into account the deformed state of the boom equipment, which contribute to a more accurate positioning of the load at the installation site. The article also conducted a comparative assessment of the service area using generalized indicators.

Keywords: hydraulic lift, altitude characteristic, service area, indicator, boom
Крысько А. А.

A. A. Krysko

NUMERICAL STUDIES OF LOCAL DEFECTS IN THE GEOMETRIC SHAPE OF A VERTICAL CYLINDRICAL TANK

The study proposes a modification of the universal computational algorithm for geometric and computer modeling of the tank wall, taking into account the general imperfections of the geometric shape for designing and study of local defects of the geometric shape. The intense deformed state of a number of steel tanks with a volume from 1000m³ to 10000 m³ for storing petroleum products is studied, regarding the local defects under the hydrostatic load in a linear setting. The results of numerical studies are compared with experimental and theoretical data obtained by other researchers.

Keywords: steel vertical cylindrical tank, hydrostatic load, the intense deformed state, the local defects of geometrical form,

S U M M A R Y

D. V. Vybornov, D. A Kiriliuk.
ANALYTICAL STUDIES OF THE HEAT OF SEWAGE UTILIZATION USING HPI

The usage of alternative energy sources causes issues due to nowadays challenges in the energy sector. There are the exhaustibility of traditional energy resources (TER) and the threat to environmental wellbeing from technological impacts. Both problems can be partly solved by using the conception of energy substitution applying the technologies with usage of unconventional renewable energy sources (RES). This work contains heat-pumping units (HPUs) that considered as technologies and domestic wastewater as a low potential energy source (LPES).

Keywords: energy potential, heat recovery, energy substitution, heat pump system, recycling.

N. V. Dolgov, T. V Seliutina.
ANALYSIS OF MODERN AUTOMATED HEATING SYSTEMS

The paper presents the analysis of the leading scientists studies resulting in determining the rational methodology for calculating of control valves when changing the load of heating systems during the day for various types of heat energy consumers, in particular for consumers of residential and public buildings.

The article discusses the existing, most common heating systems, identifies the advantages and disadvantages of these systems. It was revealed that one of the main advantages of existing heating systems is the possibility of quantitative regulation at the consumer, as well as automation of processes in the designed heating systems.

It was found that in most cases, when calculating heating systems, the change in the throughput of control valves, which affects the characteristics of the hydraulic mode of heating systems, is not taken into account.

Based on the analysis of various modes and methods of regulating the heat transfer through heating systems, the need for taking into account the flow characteristics of thermostatic and balancing valves to stabilize the hydraulic mode during the operation of heating systems is revealed.

Key words: Automatic mode, heating, hydraulic mode, microclimate, circulation pressure.

O. N. Shevchenko, Ju. A. Tashkinov
USAGE OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR PREDICTING THE CIVIL ENGINEER COMPETENCIES LEVEL

The article considers an example of the use of modern computer technologies (Educational Data Mining) in predicting the educational results of students of engineering higher educational establishments from the point of view of the competency-based approach: designing a multidimensional table (OLAP cubes), creating dynamic models (Real-Time Educational Data Mining), applying intellectual analytics. The competence profile of a civil engineer is built on the basis of the state educational standard. Empirical information was collected on the successes of 102 students studying in the field of education 08.03.01 "Civil Engineering" in the SEI HPE "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture". The use of multidimensional analytics in the spreadsheet editor MS Excel made it possible to model individual competency profiles of each future civil engineer, as well as a graphical representation form (in the form of sparklines). Using a dynamic approach allowed us to determine the optimal time for creating a forecast for each individual competency.

Keywords: Educational Data Mining; educational outcomes; future civil engineers; OLAP cubes pedagogical forecasting.

C O N T E N T S

BUILDING MATERIALS

- V. V. Zhevanov*
COLD ASPHALT SLAG CONCRETE
ON LIQUID BITUMEN-POLYMER BINDERS4

LIFTING EQUIPMENT

- T. V. Lutsko, V. V. Bakhmachenko, A. S. Guliaev*
EVALUATION OF THE SERVICE AREA
OF HYDRAULIC LIFTS FOR VARIOUS
POSITIONS OF THE BOOM EQUIPMENT8

LOADS AND IMPACTS ON STRUCTURES

- A. A. Krysko*
NUMERICAL STUDIES OF LOCAL DEFECTS
IN THE GEOMETRIC SHAPE OF A VERTICAL
CYLINDRICAL TANK..... 13

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES

- D. V. Vybornov, D. A Kiriliuk*
ANALYTICAL STUDIES OF THE HEAT OF
SEWAGE UTILIZATION USING HEAT PUMP..... 18

- N. V. Dolgov, T. V. Seliutina*
ANALYSIS OF MODERN AUTOMATED
HEATING SYSTEMS 25

PERSONNEL PROCURING FOR CONSTRUCTION AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

- O. N. Shevchenko, Ju. A. Tashkinov*
USAGE OF INTELLIGENT SYSTEMS
FOR PREDICTING THE
CIVIL ENGINEER COMPETENCIES LEVEL 31

ХОЛОДНЫЕ АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНЫ НА ЖИДКИХ БИТУМОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ

В. В. Жеванов, ассистент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В статье приведены сравнительные результаты исследований деформационно-прочностных свойств холодных асфальтошлакобетонов на жидких битумополимерных вяжущих. Показано, что при оптимальном сочетании коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационные контакты при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака возможно существенно улучшить деформационно-прочностные характеристики холодных асфальтошлакобетонов. Установлено, что предел прочности асфальтошлакобетонов растет с увеличением времени структурообразования, что связано с постепенным развитием процессов гидратации минеральных зерен шлака. Показано, что в сравнении с традиционными холодными асфальтобетонами исследуемые асфальтошлакобетоны, модифицированные латексом Butonal NS 198 или термоэластопластом Kraton D 1101, характеризуются в 1,5 – 1,6 раз большим пределом прочности при сжатии.

Ключевые слова: мартеновский шлак, асфальтошлакобетон, прочность, плотность, полимерный модификатор.



*Жеванов
Вячеслав Владимирович*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последние десятилетия, в связи со значительно ухудшившейся экологической и экономической обстановкой, во всем мире предпринимаются большие усилия для минимизации потребления энергии и снижения выбросов загрязнений в окружающую среду. Производство традиционного горячего асфальтобетона очень энергоемко, т.к. перед смешиванием компонентов требуется производить нагрев большого объема минеральных материалов и органических вяжущих до температур 150 °С и выше. Таким образом, одной из актуальных задач является разработка новых материалов и технологий, позволяющих снизить температуры во время производства асфальтобетонных смесей [1, 2].

Рациональное использование холодных асфальтобетонных смесей позволяет значительно продлить сроки ремонта покрытий автомобильных дорог при сокращении числа постоянно действующих асфальтобетонных заводов, а также является реальной альтернативой с экономической стороны по отношению к горячим и литым асфальтобетонным смесям [1].

Холодные асфальтобетонные смеси успешно применяются во многих странах мира, среди которых следует выделить США, Англию, Францию и Германию [1-6]. Для производства холодных асфальтобетонных смесей в зависимости от климатических условий этих стран и области применения асфальтобетона используются разжиженные битумы, битумные эмульсии, латексы и другие вяжущие.

Таким образом, целесообразно разрабатывать составы холодных асфальтобетонных смесей с использованием местных материалов с достаточно высокими деформационно-прочностными показателями.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проблемам проектирования и строительства дорожных покрытий из холодных асфальтобетонных смесей посвящены научные работы отечественных и зарубежных исследователей: П. И. Перегуда, Е. Н. Козловой, Н. И. Иванова, И. В. Королева, Л. М. Гохмана, В. А. Золотарёва, Ю. И. Калгина, С. К. Илиополова, В. И. Братчуна, В. К. Жданюка, В. А. Веренько, R. Lundberg, J. P. Walter, J. Robson и многих других. Большинство работ направлены на улучшение качества смесей, часть из которых была уже применена на производстве.

Исследователи отмечают, что одним из наиболее эффективных методов снижения себестоимости и энергоёмкости производства холодных асфальтобетонных смесей является производство и применение в дорожном строительстве влажных органоминеральных смесей, представляющих смеси увлажнённых минеральных материалов и жидких органических вяжущих [2-4].

Асфальтобетонные смеси, в составе которых содержатся как органические вяжущие вещества, придающие системе связность и эластичность, так и минеральные материалы, способные к гидратации, характеризуются коагуляционно-кристаллизационными связями. Соотношение коагуляционно-кристаллизационных контактов и определяет деформационно-прочностные характеристики такого композиционного материала.

Необходимость в таких композиционных материалах для дорожного строительства обусловлена существенной зависимостью прочности и деформативности традиционных асфальтобетонов от температуры. Повышение температуры ведет к снижению когезионной прочности структурированных прослоек органического вяжущего на поверхности минеральных материалов, что существенно сказывается на сдвигостойчивости дорожного покрытия. К тому же дефицит качественных вязких битумов приводит к необходимости использования в качестве маловязких органических вяжущих нефтяных гудронов, каменноугольных дорожных дёгтей и т.д.

В работах [3-5] выполнены исследования композиционных бетонов на каменноугольных органических вяжущих с использованием в качестве минеральных материалов отвалных мартеновских шлаков металлургических заводов Донбасса. Показано, что физико-механические показатели дёгтешлакобетонов из влажных смесей с содержанием воды (8-13 %) соответствуют аналогичным показателям свойств холодного асфальтобетона, а по некоторым показателям и превышают их, приближаясь к показателям качества теплого асфальтобетона, что определяет области их применения.

Характерно, что наличие пленочного маловязкого органического вяжущего и адсорбционно-сольватных слоев воды на поверхности частиц отсева дробления мартеновского шлака обеспечивает удобоукладываемость асфальтобетонной смеси и, как правило, обеспечивает нормативную плотность при укладке и уплотнении при невысоких температурах [2, 3].

Предполагается, что присутствие пленки битума на поверхности уплотненного холодного асфальтошлакового бетона должно обеспечить оптимальные влажностные условия гидратации шлака, так как динамическое равновесие в системе «пар – жидкость» будет смещаться в направлении конденсации воды. К тому же при нагреве влажного шлака перед смешением с органическим вяжущим влага частично сохраняется в глубоких порах сложной конфигурации. Пленка жидкого битума, перекрывая систему пор, будет способствовать возникновению «пропарочных» микрокамер,

что должно интенсифицировать процессы гидратации мелкодисперсных частиц отсева мартеновского шлака [4].

Таким образом, применение влажных холодных асфальтошлакобетонных смесей для строительства и ремонта конструктивных слоев нежестких дорожных одежд по сравнению с устройством их из горячих органоминеральных смесей позволяет: использовать местные дорожно-строительные материалы без предварительного просушивания, подогрева; применять менее дефицитные органические вяжущие без их обезвоживания; вести строительные и ремонтные работы при неблагоприятных погодных условиях.

Цель работы состоит в разработке состава холодной асфальтошлакобетонной смеси на основе местных металлургических шлаков, предназначенной для строительства и ремонта дорожных покрытий с повышенными деформационно-прочностными свойствами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В качестве вяжущего материала принят нефтяной дорожный битум марки СГ 70/130 со следующими характеристиками: условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С – 97 с; количество выпаренного разбавителя – 10,1 %; температура размягчения остатка после определения количества выпаренного разбавителя – 41 °С. Жидкий битум СГ 70/130 получен из битума БНД 60/90 Павлодарского НПЗ с добавлением разбавителя. В качестве разбавителя использовался технический керосин (8-10 %).

В качестве минерального материала был принят отсев дробления отвалного мартеновского шлака Енакиевского металлургического завода (ЕМЗ). Химический состав (усредненные значения): CaO – 24-38 %, SiO₂ – 18-34 %, Al₂O₃ – 3-5 %, MgO – 6-12%, MnO – 6-10 %, FeO+Fe₂O₃ – 11-13 %, P₂O₅ – 0,98%. Химический состав шлаков ЕМЗ отличается непостоянством, так как зависит от выплавляемых марок стали и содержит до 30 химических элементов, среди которых сумма основных четырех оксидов (CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO) составляет до 98 %.

Зерновой состав минеральной части исследуемого холодного асфальтошлакобетона приведен в таблице 1.

В качестве полимерных модификаторов органического вяжущего были использованы латекс марки Butonal NS 198, термоэластопласт типа СБС марки Kraton D 1101. Полимеры смешивали с вязким битумом марки БНД 60/90 согласно принятым методикам приготовления битумополимерного вяжущего [8]. Для получения жидкого модифицированного битума марки СГ 70/130 в полученные полимер-модифицированные вяжущие добавлялся разбавитель (керосин – 8-10 %) [8].

Согласно [4, 5] процесс производства влажной асфальтошлакобетонной смеси включает следующие этапы: подогрев шлака до температуры 80 °С, смешение с жидким битумом, подогретым до температуры 80-90 °С,

Таблица 1.

Зерновой состав минеральной части холодного асфальтошлакобетона

Тип асфальтобетона	Содержание по массе, % минеральных зерен, которые меньше данного размера, мм									Содержание орг. вяжущего
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Холодный асфальтошлакобетон (мартеновский шлак), содержание воды в смеси – 10 %	100,0	93,0	82,7	70,4	57,1	46,8	35,1	20,8	2,8	7-8 %

добавление 10-12 % мас. воды и перемешивание смеси. Уплотнение полученной смеси происходило при давлении 30 МПа.

На рис. 1 приведены значения предела прочности при сжатии холодных асфальтошлакобетонов в зависимости от времени структурообразования (температура структурообразования бетона 20 °С) и типа металлургического шлака.

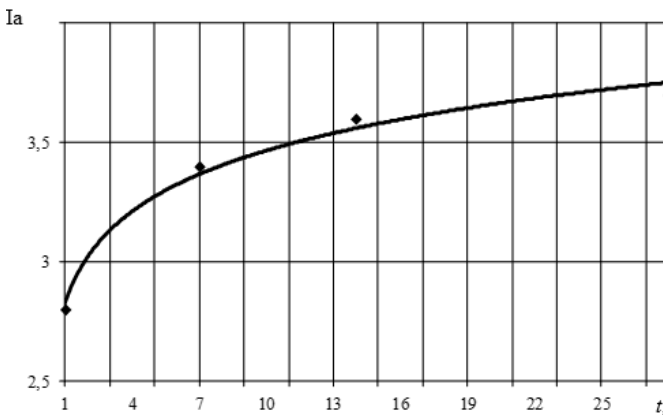


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии при 20 °С R_{20} образцов холодного асфальтошлакобетона от времени структурообразования

Характерно, что прочность образцов холодного асфальтошлакобетона с течением времени растет. Водный раствор гидроксида кальция, образующийся в процессе гидратации металлургического шлака, позволяет создать во влажном асфальтошлаковом бетоне щелочную среду с достаточно высоким рН, обеспечивающим диспергирование шлака за счет разрыва ковалентных связей Si-O-Si и Al-O-Si. При достижении степени перенасыщения водного раствора катионами Ca^{2+} происходит их взаимодействие с кремне- и алюмосолями с образованием целого ряда кристаллогидратов (тоберморит, ксонотлит и др.). К тому же, предполагается, что упрочнение полученных систем происходит за счет хемосорбционных связей, которые могут возникнуть при взаимодействии основных гидратированных веществ шлака с кислыми соединениями жидкого нефтяного битума, прежде всего с асфальтогеновыми кислотами [4].

Для оптимизации деформационно-прочностных характеристик холодных асфальтошлакобетонов необходимо достичь в смеси оптимального сочетания коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные

прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационных контактов при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака.

Введение полимерных модификаторов Butonal NS 198 и Kraton D 1101 в жидкие битумы позволяет повысить предел прочности при сжатии холодных асфальтошлакобетонов (рис. 2). Повышенные адгезионно-когезионные свойства модифицированных жидких вяжущих способствуют наиболее полному покрытию олеофильных центров поверхности шлаковых частиц пленочным битумополимерным вяжущим, а гидрофильных – прослойками воды. Также происходит более равномерное распределение компонентов в единице объема смеси и, как следствие, достигается минимальная межзерновая пустотность минерального остова холодных асфальтошлакобетонов.

Зависимости предела прочности при сжатии образцов холодного асфальтошлакобетона от времени структурообразования имеют вид функции натурального логарифма $y = \ln(x)$ с величиной достоверности аппроксимации (R^2) от 0,90 до 0,98.

На рис. 3 приведена сравнительная диаграмма наибольших значений пределов прочности при сжатии различных образцов холодных асфальтобетонов.

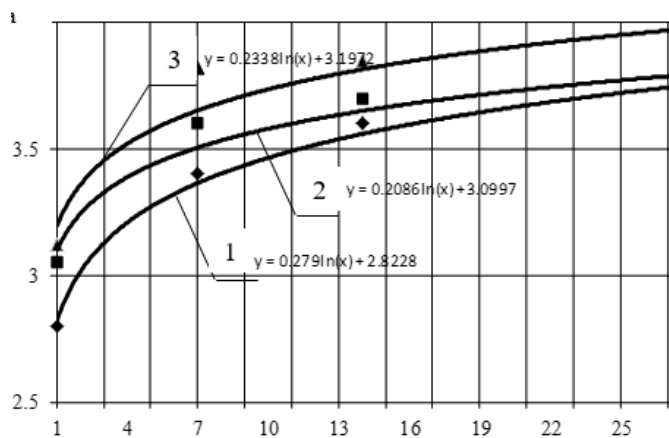


Рис. 2. Зависимости предела прочности при сжатии при 20 °С R_{20} образцов холодного асфальтополимершлакобетона от времени структурообразования (t , сутки): 1 – на мартеновском шлаке (ЕМЗ); 2 – на мартеновском шлаке + жидкий битум, модифицированный 2 % латекса Vitonal NS 198; 3 – на мартеновском шлаке + жидкий битум, модифицированный 2 % термоэластопласта Kraton D 1101

Характерно, что прочность у влажных холодных асфальтошлакобетонов в среднем в 1,6 раза выше, чем у традиционного холодного асфальтобетона типа Гх на гранитном щебне и в 1,5 раза выше, чем у армированного фиброволокном холодного асфальтобетона типа Гх, исследования которого выполнены в работе [10].

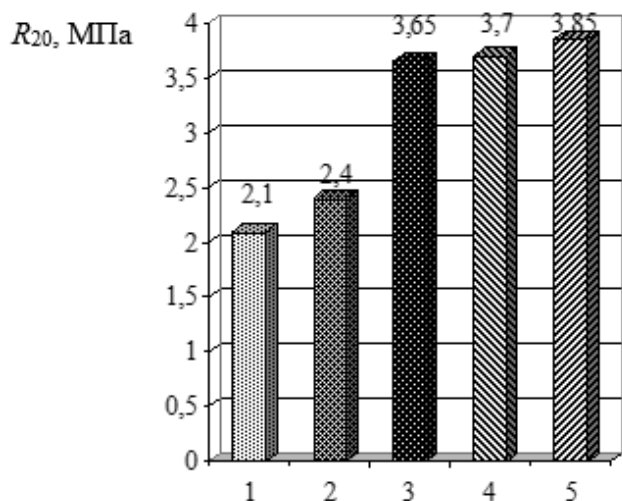


Рис. 3. Сравнительная диаграмма наибольших значений пределов прочности при сжатии при 20 °С различных образцов холодных асфальтобетонов:

- 1 – традиционный холодный асфальтобетон тип Гх;
- 2 – дисперсно-армированный холодный асфальтобетон тип Гх (содержание фиброволокна – 0,7 %) [10];
- 3 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке;
- 4 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке, модифицированный латексом Butonal NS 198;
- 5 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке, модифицированный термоэластопластом Kraton D 1101

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при оптимальном сочетании коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационных контактов при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака возможно существенно улучшить деформационно-прочностные характеристики холодных асфальтошлакобетонов.

2. Предел прочности асфальтошлакобетонов растет с увеличением времени структурообразования, что связано с постепенным развитием процессов гидратации минеральных зерен шлака. В среднем, после 14 суток структурирования рост прочностных показателей замедляется, что свидетельствует о снижении интенсивности процессов гидратации.

3. Показано, что в сравнении с традиционными холодными асфальтобетонами (ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия)

влажные холодные асфальтошлакобетоны, модифицированные латексом Butonal NS 198 и термоэластопластом Kraton D 1101 характеризуются в 1,5 – 1,6 раз большим пределом прочности при сжатии.

Список литературы

1. А. В. Бусел, Ремонт автомобильных дорог: Учеб. пособие. / А. В. Бусел. – Минск: Арт Дизайн, 2004. – 208 с.
2. Martinie, G. D. Wet efficiencies of bitumen mixtures for various organic substances and the identities of residual matter. / G. D. Martinie, A. A. Schilt. // Analytical Chemistry. – 1976. – № 48 (1). – pp. 70-74.
3. А. А. Горельшева, Влажная смесь на органическом вяжущем для строительства и ремонта автомобильных дорог. / А. А. Горельшева, В. М. Карамышева. // Тезисы докладов и сообщений VII Всесоюзного совещания дорожников. Асфальтобетонные и черные облегченные покрытия автомобильных дорог. – М.: Союздорнии, 1981. – С. 19-20.
4. А. Н. Бачурин, Влажные дегтешлаковые смеси, активированные щелочами, для дорожного строительства: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / А. Н. Бачурин. – Харьков: ХАДИ, 1989. – 225 с.
5. В. И. Братчун, Потребительские свойства строительных материалов с использованием отсева дробления отвалных мартеновских шлаков. Монография. / В. И. Братчун, Н. П. Нагорная. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2018. – 98 с.
6. Д. А. Строев, Дисперсно-армированные бетоны на битумно-цементном вяжущем для строительных и ремонтных работ дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / Д. А. Строев. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 192 с.
7. Скрьльников, В. Зима не помеха для ямочного ремонта / В. Скрьльников. // Дороги России XXI века. – М., 2009. – № 2. – С. 58-59.
8. О технологических и физико-механических свойствах асфальтобетона комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой / [В. Л. Беспалов, В. И. Братчун, Ахмед Мутташар, М. К. Пактер и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. – Макеевка, 2014. – № 1 (105). – С. 24-32.
9. Ю. И. Калгин, Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов / Ю. И. Калгин. – Воронеж.: Из-во Воронежского госуд. ун-та, 2006. – 272 с.
10. Е. А. Ромасюк, Бетоны из дисперсно-армированных холодных органоминеральных смесей с повышенными деформационно-прочностными свойствами / Е. А. Ромасюк, А. А. Верещун, Д. С. Бойко. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. – Макеевка, 2017. – № 2 (124). – С. 34-40.

ОЦЕНКА ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ СТРЕЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Т. В. Луцко, канд. техн. наук, доцент; В. В. Бахмаченко, магистрант; А. С. Гуляев, магистрант
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы эффективности использования стрелового оборудования автогидроподъемников с точки зрения оценки их зоны обслуживания (подстрелового пространства). В качестве объектов сравнения приняты автогидроподъемники коленчатый и коленчато-телескопический. Получены аналитические зависимости построения траектории движения люльки подъемника. Разработаны в программном комплексе различные виды стрелового оборудования для учета их перемещений под нагрузкой при построении зоны обслуживания. Поправочные координатные ошибки необходимо вводить в аналитические зависимости для более точного построения траектории движения люльки, а также для оценки зоны обслуживания автогидроподъемника. В результате получены высотные характеристики, учитывающие деформированное состояние стрелового оборудования, что способствуют более точному позиционированию груза на место монтажа. В статье также проведена сравнительная оценка зоны обслуживания с помощью обобщенных показателей.

Ключевые слова: автогидроподъемник, высотная характеристика, зона обслуживания, показатель, стрела.



*Луцко
Татьяна Васильевна*



*Бахмаченко
Виталий Витальевич*



*Гуляев
Алексей Сергеевич*

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При эксплуатации грузоподъемных машин со стреловым оборудованием, таких как автогидроподъемники и самоходные стреловые краны, возникает вопрос оценки их зоны обслуживания, помимо их назначения под конкретные задачи и условия эксплуатации. Прежде всего, это необходимо для анализа эффективности использования грузоподъемного оборудования. Кроме этого, определив координаты зоны обслуживания, можно найти наиболее рациональную траекторию движения оголовка стрелы (или люльки для подъемника, крюковой подвески для стрелового крана).

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам точности работ, выполняемых рабочим оборудованием различных строительных машин, посвящены многие публикации [1-8].

Прежде всего, для них характерно уточнение зоны обслуживания машины. Что же касается автогидроподъемников, то по конструктивному исполнению они близки к кранам-манипуляторам, а также к стреловым кранам, в связи с этим, интерес представляют публикации, посвященные определению положений в пространстве стрелового оборудования данных типов машин. Эти работы направлены, прежде всего, на уменьшение динамических нагрузок и гашение колебаний стрелового оборудования [2,3]. В монографии [8] рассматриваются задачи автоматизированного моделирования оптимальной траектории движения рабочего

оборудования кранов-манипуляторов. Повышение точности построения зоны обслуживания (грузовысотных характеристик) способствует не только повышению производительности грузоподъемной машины, но и безопасности ее эксплуатации. Анализ публикаций в рассматриваемой области подтверждает актуальность проблемы уточнения построения зоны обслуживания грузоподъемных машин со стреловым оборудованием.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В настоящей работе ставится цель – уточнение построения зоны обслуживания автогидроподъемников с разными видами стрелового оборудования и оценка эффективности их использования.

Для этого решались следующие задачи:

1) разработка аналитических зависимостей для построения траектории движения оголовка верхней стрелы (люльки);

2) моделирование в программном комплексе различных видов стрелового оборудования автогидроподъемников для численного анализа их деформаций и перемещений, с последующим учетом при построении высотных характеристик (зоны обслуживания);

3) построение и сравнительная оценка зоны обслуживания разных видов стрелового оборудования автогидроподъемников.

В качестве объектов исследования рассматривались одноколенный подъемник ПГ-22 и телескопический одноколенный подъемник ПСС-141.22 с максимальной высотой подъема 22 м (Рис. 1).

В стесненных условиях автогидроподъемник с коленчатой стрелой неудобный вследствие того, что занимает много места. Тем не менее, автогидроподъемники с коленчатыми стрелами получили широкое распространение, поскольку конструкция относительно дешевая и простая, обслуживание осуществляется самим оператором, а также их отличает большая подвижность шарнирных соединений рычагов и, как следствие, большая функциональность.

Устройство телескопических и коленчато-телескопических гидроподъемников более сложное. Кроме этого, комбинированные стрелы стоят дороже, однако подъемники с такими стрелами сочетают в себе преимущества и коленчатых, и телескопических автогидроподъемников. Они имеют небольшие размеры складных секций, а выдвижная телескопическая секция осуществляет линейные движения люльки по горизонтали под различными углами к горизонту.

При построении высотных характеристик любые отклонения при нагружении стрелового оборудования от первоначального положения могут повлиять на безопасность выполнения грузоподъемных работ. Причинами, вызывающими подобные отклонения, являются погрешности при сборке рабочих механизмов шарнирно-сочлененных звеньев стрелового оборудования автогидроподъемников и собственная деформативность

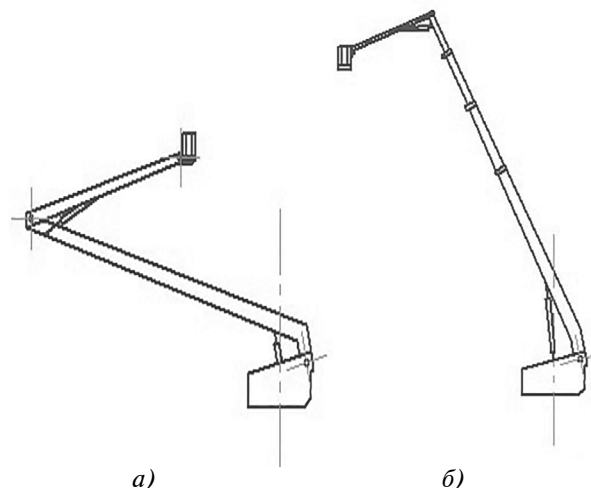


Рис. 1. Разновидности автогидроподъемников в зависимости от рабочего (стрелового) оборудования: а – коленчатый; б – коленчато-телескопический

рабочего оборудования [4]. Все это влияет на точность выполняемых работ, а также на границы охватываемой зоны обслуживания.

В настоящей статье рассмотрим зависимости, определяющие траекторию движения оголовка верхней стрелы автогидроподъемника (или люльки).

На рис. 2 представлены расчетные схемы рабочего (стрелового) оборудования коленчатого (ПГ-22) и коленчато-телескопического (ПСС-141.22) автогидроподъемников.

Размеры стрелового оборудования и расстояния до точек закрепления гидроцилиндров к стрелам известны: OO_1 , OO_2 , O_1O_3 (нижняя стрела для коленчатого подъемника постоянной длины, телескопически изменяемая стрела для коленчато-телескопического подъемника), O_3O_4 (верхняя стрела для коленчатого подъемника), $O_3O_5O_4$ (изогнутая верхняя стрела для коленчато-телескопического подъемника, для упрощения расчетных формул приняли длину верхней стрелы O_3O_4), O_1C_1 , O_1C_2 , O_3C_3 , O_3C_5 , C_3C_4 , C_4C_5 . За счет изменения хода гидроцилиндров O_2C_1 и C_2C_4 меняет свое положение стреловое оборудование (в телескопическом подъемнике дополнительно еще за счет изменяемой длины телескопической стрелы O_1O_3). Для расчетов и при моделировании в программном комплексе стрелового оборудования принимали три положения (см. рис. 3).

Аналитически выразим координаты положения люльки (то есть точки O_4):

$$\left. \begin{aligned} X_{O_4} &= O_3O_4 \cos \beta - O_1O_3 \cos \alpha; \\ Y_{O_4} &= OO_1 + O_1O_3 \sin \alpha + O_3O_4 \sin \beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В данных зависимостях неизвестными являются углы наклона стрел к горизонту: нижней - α и верхней - β . Причем, длина нижней стрелы O_1O_3 для коленчатого подъемника постоянная, а для коленчато-телескопического изменяемая.

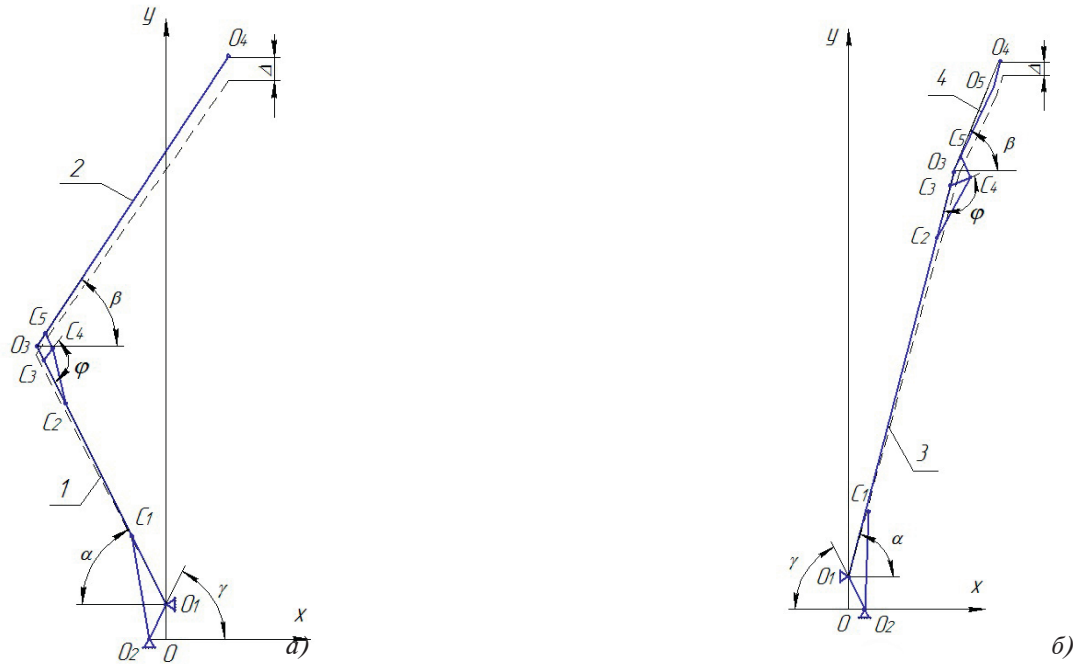


Рис. 2. Расчетные схемы стрелового оборудования коленчатого (а) и коленчато-телескопического (б) автогидроподъемников:

1 – нижняя стрела; 2 – верхняя стрела; 3 – телескопическая стрела; 4 – изогнутая верхняя стрела; ————— первоначальное положение; - - - - - положение при нагружении; Δ – перемещение по вертикали оголовка верхней стрелы

Угол γ является постоянным (рис. 2), его можно определить из следующей зависимости:

$$\gamma = \arctg \frac{OO_1}{OO_2} = const, \quad (2)$$

Угол наклона нижней стрелы к горизонту:

$$\alpha = \arccos \frac{O_1O_2^2 + O_1C_1^2 - O_2C_1^2}{2 \cdot O_1O_2 \cdot O_1C_1} - \gamma, \quad (3)$$

где O_2C_1 – длина гидроцилиндра управления нижней стрелой (нижний гидроцилиндр). Меняя ход этого гидроцилиндра, можно в любой момент определить угол наклона нижней стрелы к горизонту. Остальные расстояния, входящие в формулу (3), известны и постоянны для различных положений.

Длины рычагов, соединяющие верхнюю и нижнюю стрелы, равны между собой $C_3C_4 = C_4C_5$.

Также равны между собой расстояния крепления данных рычагов от точки O_3 – шарнира соединения верхней и нижней стрел, то есть $O_3C_3 = O_3O_5$.

Угол между нижней стрелой O_1O_3 и рычагом C_3C_4 зависит от изменения хода гидроцилиндра управления верхней стрелой C_2C_4 (далее будем называть верхний гидроцилиндр) и определяется по формуле:

$$\varphi = \arccos \frac{C_2C_3^2 + C_3C_4^2 - C_2C_4^2}{2 \cdot C_2C_3 \cdot C_3C_4}, \quad (4)$$

Угол наклона верхней стрелы к горизонту:

$$\beta = 2 \arctg \frac{C_3C_4 \sin(180^\circ - \varphi)}{O_3C_3 - C_3C_4 \cos(180^\circ - \varphi)} - \gamma, \quad (5)$$

где φ – угол, определяемый по формуле (4), который зависит от длины хода верхнего гидроцилиндра C_2C_4 ; меняя его ход, можно в любой момент определить координаты оголовка верхней стрелы O_4 ;

γ – угол, определяемый по формуле (2), является постоянным для различных положений стрелового оборудования.

Таким образом, система зависимостей (1) позволяет построить траектории движения оголовка верхней стрелы O_4 и следовательно люльки (см. рис. 3 графики 1). Далее в программном комплексе было выполнено моделирование стрелового оборудования рассматриваемых типов автогидроподъемников и определены перемещения Δ оголовка верхней стрелы при нагружении подъемников. На рис. 3 (графики 2) представлены траектории движения люльки с учетом деформаций стрелового оборудования. Анализ траекторий 2 показал, что люлька может опускаться вниз на 0,3...0,5 м. Причем смещения по горизонтали незначительны по сравнению с вертикальными перемещениями. В результате сравнения траекторий движения оголовка верхней стрелы установлено, что большие изменения высоты подъема вследствие деформации стрелового

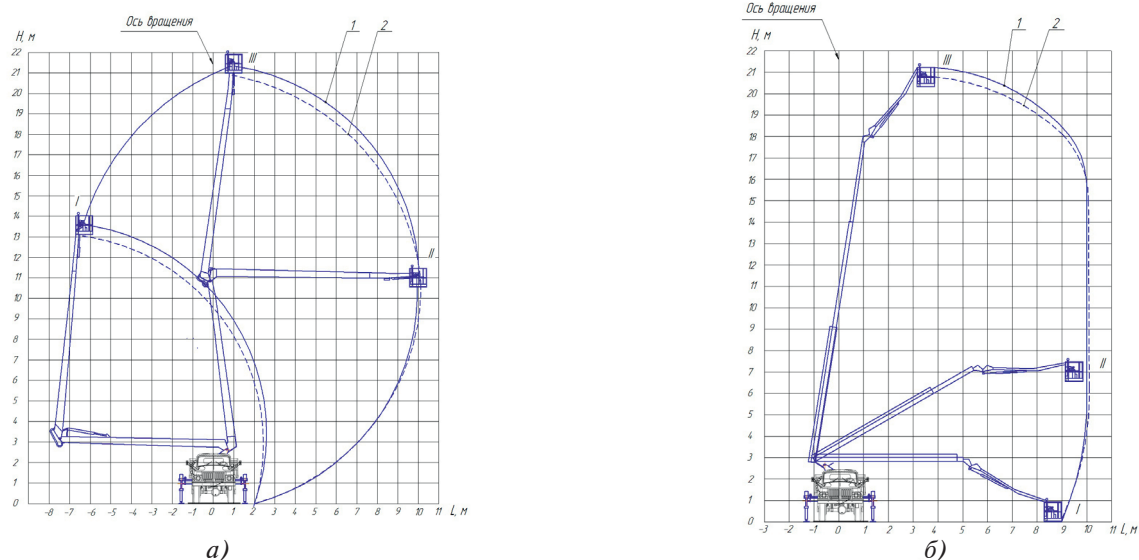


Рис. 3. Зоны обслуживания коленчатого ПГ-22 (а) и коленчато-телескопического ПСС-141.22 (б) автогидроподъемников:

1 - теоретическая; 2 - с учетом деформированного состояния стрелового оборудования (штриховая линия)

оборудования характерны для коленчатого подъемника по сравнению с коленчато-телескопическим. Причем при моделировании не учитывались ветровые и инерционные нагрузки и зазоры в шарнирных соединениях, которые также внесут свою корректировку.

На основании полученных уточненных графиков зон обслуживания проведем анализ эффективности стрелового оборудования. Для этого используем обобщенные показатели [10]:

1. Обобщенный показатель оценки материалоемкости высоты подъема, грузоподъемности и вылета:

$$P_{Nmm} = \frac{m_{\text{ПОД}}}{H \cdot Q \cdot L} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где Q – грузоподъемность подъемника, т;
 L – максимальный вылет стрелового оборудования подъемника, м.

2. Обобщенный показатель экономии энерго-, материалоемкости и зоны обслуживания:

$$P_{Nmm} = \frac{m_{\text{ПОД}} N}{S^2} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где S – площадь зоны обслуживания подъемником, м².

Результаты расчетов данных показателей приведены в таблице, они показали, что минимальные значения при оценке зоны обслуживания характерны для коленчатого подъемника. Следовательно, коленчатый подъемник по зоне обслуживания эффективнее коленчато-телескопического. Однако по металлоемкости преимущество за коленчато-телескопическим, но оно незначительно.

На рис. 4 представлены гистограммы зоны обслуживания теоретические и с учетом деформированного состояния стрелового оборудования для двух рассматриваемых подъемников, анализ которых говорит о том, что коленчатый подъемник по зоне обслуживания предпочтительнее коленчато-телескопического, несмотря на то, что деформативность коленчатого подъемника больше и, следовательно, точность позиционирования люльки меньше.

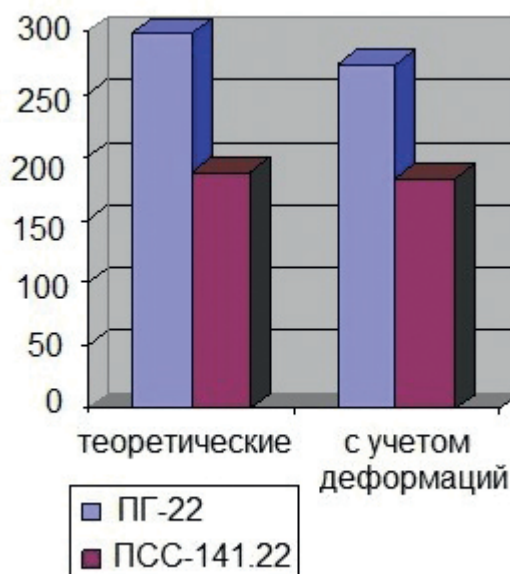


Рис. 4. Гистограммы зон обслуживания автогидроподъемников

Таким образом, полученные результаты говорят о необходимости вносить поправки на перемещения при построении зоны обслуживания подъемника. Для этого рекомендуется в аналитические зависимости (1) вносить изменения в углы наклона стрел, в результате уточненные значения координат положения люльки составят:

Таблица 1.

Результаты сравнительного анализа эффективности стрелового оборудования коленчатого и коленчато-телескопического автогидроподъемников

Наименование показателей	Тип подъемника	
	коленчатый ПГ-22	коленчато-телескопический ПСС-141.22
Наибольшая высота подъема, H , м	22	23,5
Максимальный вылет, L , м	10,5	10
Зона обслуживания, S , м ²	298,3	193,5
Грузоподъемность, Q , т	0,25	0,25
Масса навесного оборудования $m_{под}$, т	4,095	3
Мощность насоса, N , кВт	19,6	19,6
$P_m = \frac{m_{под}}{H \cdot Q \cdot L}$	0,081	0,056
$P_{NmS} = \frac{m_{под} N}{S^2}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$1,75 \cdot 10^{-4}$

$$\left. \begin{aligned} X_{O4} &= O_3O_4 \cos(\beta - \Delta\beta) - O_1O_3 \cos(\alpha - \Delta\alpha); \\ Y_{O4} &= OO_1 + O_1O_3 (\sin \alpha - \Delta\alpha) + O_3O_4 (\sin \beta - \Delta\beta) \end{aligned} \right\} (8)$$

где $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ - соответственно приращения углов наклона нижней и верхней стрелы подъемника при нагружении, вызванные деформациями стрелового оборудования.

ВЫВОДЫ

1. Определены аналитические зависимости координат оголовка стрелы (люльки) подъемника с учетом деформированного состояния стрелового оборудования, которые используются для построения зоны обслуживания подъемника.

2. Численный анализ деформированного состояния коленчатого и коленчато-телескопического стреловых оборудований в программном комплексе показал, что наибольшие отклонения от теоретической траектории движения люльки характерны для коленчатого рабочего оборудования автогидроподъемника.

3. Анализ зоны обслуживания коленчатого и коленчато-телескопического подъемников с помощью обобщенных показателей показал, что более функциональным является коленчатое стреловое оборудование, несмотря на большую деформативность его конструкции.

Список литературы

1. А. Г. Гурко, Исследование положений стрелы двухзвенного автогидроподъемника / А. Г. Гурко, Н. В. Розенфельд, Ю. А. Доля // *Технология приборостроения* 1' 2015. – С. 58 – 61.
 2. Ловейкін, В. С. Оптимізація режиму пуску висувної рукояті крана-маніпулятора під час горизонтального переміщення вантажу з урахуванням його коливань /

В. С. Ловейкін, Д. О. Мішук // *Гірничі та піднімально-транспортні машини*. – 2010. – № 76. – С. 3-8.
 3. V. S. Loveykin, Optimization Of Mode Of Ruh Of Jarticulated Jib Of System Of Tower Faucet Is On Dynamic Criterion / V. S. Loveykin, O. G. Shevchuk // *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. – 2014. – № 1962. – С. 41-50.
 4. Т. В. Луцко, Грузовые характеристики тяжелых стреловых кранов типа СКР с учетом деформативности конструкции / Т. В. Луцко // *ИНТЕРСТРОЙМЕХ–2007: материалы Международной научно-технической конференции, 11-14 сентября 2007 г., Самара / Самарск. гос. арх.-строи. ун-т*. – Самара. 2007. – С.59-63.
 5. П. А. Побегайло, Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора: о точности перемещения ковша / П. А. Побегайло // *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 11, 2017. – С. 113–117.
 6. Е. О. Подчасов, А. Д. Терентьева Анализ точности работ, производимых рабочим механизмом одноковшового экскаватора / Е. О. Подчасов, А. Д. Терентьева // *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2017, вып. 8 (68). – С. 1-14.
 7. А. Д. Терентьева, Анализ точности выполнения работ рабочим механизмом одноковшового экскаватора / А. Д. Терентьева // *Приводы и компоненты машин*. 2017. – №5-6(26). – С. 14-18.
 8. В. С. Щербаков, Автоматизация моделирования оптимальной траектории движения рабочего органа строительного манипулятора: монография / В. С. Щербаков, И. А. Реброва, М. С. Корытов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 106 с.
 9. И. Варывдин, Мачты, ножницы и телескопы... / И. Варывдин // *Основные средства*, № 9, 2015. – С. 96 – 100.
 10. Т. В. Луцко, Обоснование выбора автогидроподъемников при расширении их технологических возможностей / Т. В. Луцко // *Наукоемкие технологии и инновации. Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова*. 2019. С. 31-35.

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА

А. А. Крысько, канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В работе предложена модификация универсального вычислительного алгоритма геометрического и компьютерного моделирования стенки резервуара с учётом общих несовершенств геометрической формы для построения и исследования местных несовершенств геометрической формы. Исследовано напряженно-деформированное состояние ряда стальных резервуаров объемом от 1000 до 10000 м³ для хранения нефтепродуктов с учётом местных несовершенств под действием гидростатической нагрузки в линейной постановке. Сопоставлены результаты численных исследований с экспериментальными и теоретическими данными, полученными другими исследователями.

Ключевые слова: стальной вертикальный цилиндрический резервуар, гидростатическое давление, напряжённо-деформированное состояние, местные несовершенства геометрической формы.



Крысько
Александра Анатольевна

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Имевшиеся случаи разрушения сварных вертикальных цилиндрических резервуаров привели к необходимости изучения действительных условий работы данных сооружений и изучению влияния искажения геометрической формы резервуаров на их прочность и устойчивость. В процессе эксплуатации к начальным дефектам постепенно добавляются различного рода повреждения, вызванные воздействием эксплуатационных факторов. Одними из наиболее характерных геометрических несовершенств стенки стальных резервуаров являются локальные выпучины или вмятины различной формы и расположения. Для учета местных несовершенств геометрической формы при расчетах на прочность и устойчивость стенки тонкостенных оболочек инженерных сооружений необходимо аналитическое описание ее действительной поверхности.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Местные несовершенства геометрии поверхностей тонкостенных оболочек инженерных сооружений исследовались в работах многих отечественных и зарубежных ученых [1-5].

Анализируя исследования влияния местных несовершенств геометрической формы на напряженно-деформированное состояние конструкции, можно сделать вывод об отсутствии на данном этапе универсального инструмента для их описания. Решение тех или иных задач по аналитическому описанию геометрических несовершенств напрямую зависит от данного конкретного условия задачи. Чаще всего используется идеализация несовершенств сферической формы, которую, тем не менее, нельзя считать универсальным подходом.

В работе [6] был предложен универсальный алгоритм геометрического и компьютерного моделирования стальных вертикальных цилиндрических резервуаров с учётом несовершенств геометрической формы с последующим численным исследованием их напряжённо-деформированного состояния под действием различных нагрузок и в различных постановках. При этом исследования проводились на общих несовершенствах геометрической формы, однако этот же вычислительный

алгоритм можно использовать и для моделирования местных несовершенств геометрической формы. Только для этого необходимо выполнить его модификацию.

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЕРВУАРОВ С ВМЯТИНАМИ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Численное исследование НДС (напряжённо-деформированного состояния) требует замены реального объекта его математической моделью, которая должна полностью или частично обладать свойствами своего прототипа, и желательно быть достаточно простой для практического осуществления расчетов. Если общепринятой проверенной модели (расчетной схемы) для данного случая не существует, её создают по аналогии, на основе опыта моделирования похожих конструкций, за счет принятия ряда упрощающих предположений (допущений). Поэтому математическая модель никогда не будет исчерпывающе полной и всегда будет отличаться от оригинальной строительной конструкции. Лучшим способом проверки расчетной схемы является сопоставление полученных с её использованием результатов с экспериментальными данными. В отсутствии экспериментальных данных верификацию такой модели можно проводить на основании данных, полученных другими исследователями и, соответственно, проверенных ими на существующих экспериментальных данных.

Для сравнения результатов численных исследований НДС стального ВЦР (вертикального цилиндрического резервуара), полученных на основе предложенного в работе [6] универсального алгоритма моделирования действительной поверхности резервуара, с экспериментальными и теоретическими данными, полученными другими исследователями, было проанализировано НДС девяти резервуаров различного объема от 1000 до 10000 м³ для хранения нефтепродуктов различного объема с учётом местных несовершенств геометрической формы.

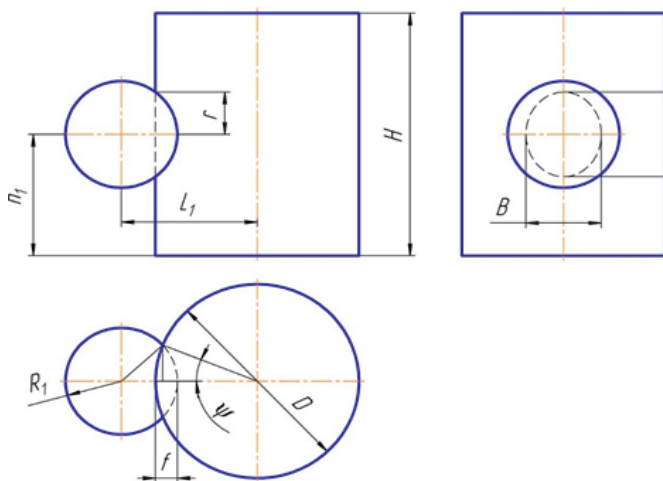


Рис. 1. Геометрические размеры резервуара и сферической вмятины

Универсальный вычислительный алгоритм моделирования действительной поверхности резервуара [9] позволяет на основании данных, полученных в результате обследования (высота резервуара, его радиус и отклонения стенки резервуара от вертикали), создавать геометрическую и компьютерную модель резервуара с несовершенствами геометрической формы. Причем в вычислительном алгоритме учтены различные способы обследования резервуара, такие как измерение с помощью традиционных инструментов (лазерная или обычная рулетка, отвес, измерительное колесо, тахеометр, нивелир и т.д.) и современная технология наземного лазерного сканирования [10].

Нормы [7], в соответствии с которыми проводят техническую диагностику вертикальных цилиндрических резервуаров, не требуют детальных промеров геометрии локальных дефектов формы, поэтому в технических отчетах приводится минимальная информация о параметрах вмятин (высота, глубина и примерное расположение). Это обстоятельство было учтено Алифановым Л. А. [2] при схематизации (идеализации) формы вмятины. В качестве геометрических параметров, однозначно определяющих НДС в зоне дефекта, были выбраны диаметр, толщина и высота стенки резервуара и глубина вмятины. Алифановым Л. А. в работе [2] был выбран следующий способ идеализации – считать поверхность дефекта сферической. Поэтому для верификации результатов моделирования и численного расчёта необходимо адаптировать универсальный алгоритм, предложенный во втором разделе, под исходные данные, которые использовал в своей работе Алифанов Л. А.

Для описания вмятины сферической формы определенного размера и расположения на поверхности резервуара (рис. 1) в универсальный алгоритм кроме отклонения от вертикали были дополнительно введены высота вмятины и коэффициент, определяющий положение центра вмятины относительно высоты резервуара (Таблица 1), что позволило смоделировать вмятину нужного размера и сопоставить его НДС под действием гидростатической нагрузки с результатами, полученными в работе Алифанова Л. А. [2].

Координаты горизонтальной проекции центра сферической вмятины определялись в соответствии с формулами (3.1) – (3.3), приведенными в [2]. Высота центра вмятины была определена с помощью коэффициента h_0 (Таблица 1).

Далее для автоматизации процесса был разработан и использован алгоритм, позволяющий реструктурировать исходные данные с последующей реконструкцией поверхности с вмятиной на основе универсального алгоритма, основанного на аппроксимации отсека поверхности выпуклыми обводами первого порядка гладкости.

Универсальный алгоритм формирования неэкономерной поверхности оболочки инженерных сооружений, предложенный во втором разделе [6] и эффективно использованный в третьем разделе [6] для моделирования общих несовершенств геометрической

Таблица 1.

Основные геометрические размеры резервуаров и сферических вмятин

V рез-ра	№ вмят.	D, м	H, м	t, мм	h_0	h1	f, м	L, м	R1, м	L1, м	B, м
1000 м ³	94	12,34	8,94	4	0,17	1,52	0,038	1,2	4,76	10,89	0,90
	95	12,34	8,94	4	0,08	0,72	0,041	1,12	3,84	9,97	0,88
	97	12,34	8,94	4	0,67	5,99	0,076	1,6	4,25	10,34	1,23
5000 м ³	133	22,79	11,92	7	0,88	10,49	0,05	1,5	5,65	17,00	1,23
	135	22,79	11,92	7	0,56	6,68	0,06	2,5	13,05	24,39	1,71
	145	22,79	11,92	7	0,06	0,72	0,02	0,7	3,07	14,45	0,62
10000 м ³	244	39,9	17,88	8	0,83	14,84	0,04	3	28,15	48,06	1,93
	249	39,9	17,88	8	0,62	11,09	0,02	1	6,26	26,19	0,87
	251	39,9	17,88	8	0,71	12,69	0,02	1,5	14,07	34,00	1,15

где D – диаметр нефтехранилища, H – высота резервуара, t – толщина стенки резервуара, L – высота вмятины, f – глубина вмятины, h_0 – относительная высота расположения вмятины

формы, был разработан таким образом, что поверхность оболочки строится по точкам, принадлежащим этой оболочке, с помощью выпуклых обводов первого порядка гладкости. Таким образом на поверхности оболочки получаем некоторую сеть, состоящую из ячеек определенного размера. Этот размер определяется положением исходных точек поверхности. Такая сеть может иметь достаточно большой размер, по сравнению с необходимым размером конечного элемента. Поэтому каждую ячейку сети на поверхности оболочки нужно дополнительно разбить на конечные элементы нужного размера. Легче всего это сделать, разделив на нужное количество два параметра, образующих ячейку сети поверхности оболочки. Для моделирования местных несовершенств геометрической формы стальных ВЦР, имеющих свою специфику, возникает отдельная задача определения исходных точек на поверхности оболочки, для которых, впоследствии, можно применить универсальный алгоритм построения незакономерной поверхности.

Итак, количество ячеек поверхности оболочки, которые составляют целостную поверхность стального ВЦР, определяется четырьмя параметрами. Первые два из них определяют количество ячеек, на которые делится поверхность резервуара. Эти параметры напрямую зависят от геометрических размеров вмятины L и B , представленных в таблице 1. Далее каждая из ячеек поверхности резервуара с помощью других двух параметров аппроксимируется конечными элементами – плоскостями с помощью параметров StU и StV . Следует отметить, что если количество ячеек зафиксировано для каждой конкретной задачи, то параметрами StU и StV можно варьировать для получения требуемой плотности конечных элементов по всей

поверхности резервуара. При таком алгоритме сетка конечных элементов на поверхности резервуара получается неравномерной. Причём эта неравномерность представлена кольцами по высоте резервуара. Преимуществом такого подхода является универсальность, а также полная автоматизация процесса вычисления. Недостатком является то, что нет возможности, в случае необходимости, загустить сетку именно в зоне локального дефекта. Поэтому для увеличения точности расчётов приходилось «загущать» сетку по всей поверхности резервуара, что, конечно же, значительно влияло на быстродействие. Однако данный недостаток следует отнести именно к недостаткам программной реализации. Поскольку автор не является профессиональным программистом, нами была выбрана более упрощённая схема программной реализации универсального алгоритма, которая, однако, показала результат с достаточной для инженера точностью, позволила сопоставить результаты исследований автора и подтвердить возможность использования предложенных алгоритмов формирования незакономерной поверхности по заданным характеристикам, а также использование их для моделирования и численного исследования поверхностей тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учётом несовершенств геометрической формы.

Для программной реализации модифицированного универсального алгоритма и получения геометрических и компьютерных моделей стенки резервуара с местными несовершенствами геометрической формы в виде сферических вмятин использовалась среда программирования VBA с последующим выводом информации в AutoCAD.

Таблица 2.

Сравнение результатов численных исследований НДС резервуаров

V рез-па	№ в.м.	D, м	H, м	h0	f, мм	L, м	t, мм	σ_{max}	$\sigma_{max}(R)$	Δ^* , %
1000 м ³	94	12,34	8,94	0,17	38	1,2	4	993	906,73	8,69
	95	12,34	8,94	0,08	41	1,12	4	1280	1165,3	8,96
	97	12,34	8,94	0,67	76	1,6	4	525	491,64	6,35
5000 м ³	133	22,79	11,92	0,88	50	1,5	7	196	184,12	6,06
	135	22,79	11,92	0,56	60	2,5	7	807	747,84	7,33
	145	22,79	11,92	0,06	20	0,7	7	862	788,32	8,55
10000 м ³	244	39,9	17,88	0,83	40	3	8	650	607,57	6,53
	249	39,9	17,88	0,62	20	1	8	723	679,31	6,04
	251	39,9	17,88	0,71	20	1,5	8	636	594,65	6,50

σ_{max} – максимальные напряжения при полной высоте налива, полученные Алифановым Л. А. [2];
 $\sigma_{max}(R)$ – максимальные напряжения при полной высоте налива, полученные в данной работе

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Как отмечалось в [2], моделирование НДС несовершенств формы на стенках тонкостенных сосудов давления в общем случае представляет собой геометрически и физически нелинейную задачу. Однако на практике перед проведением подобных исследований выполняют расчеты конструкций в линейной постановке. Это объясняется следующими причинами:

1. В начальной стадии нагружения, когда действующие нагрузки не достигли определенного порога, нелинейные свойства обычно не проявляются.
2. Существует большое количество приближенных (инженерных) методик учета физической нелинейности [8], отталкивающихся от условных результатов «упругих» расчетов.

Для нас важен тот факт, что в работе [2] автором проводились численные исследования НДС в линейной постановке, поэтому для полного сопоставления и верификации результатов исследований нами принято решение также выполнять исследования НДС резервуаров в линейной постановке.

Поскольку универсальный алгоритм позволяет моделировать стенку резервуара полностью, а введение в расчетную схему кровли и днища требует дополнительных временных затрат, было решено проводить расчеты на модели стенки резервуара, заменив кровлю и днище дополнительными закреплениями. Так как в [2] автор для проведения исследований использовал только гидростатическую нагрузку, без учета собственного веса конструкций, то замену считаем правомерной. Чтобы минимизировать воздействие краевого эффекта в зоне закрепления стенки были выбраны вмятины, достаточно удаленные от других зон концентрации напряжений.

Для проведения численных исследований использован расчетный комплекс SCAD версия 11.5,

в который расчетная схема в виде двумерной конечно-элементной сети точек импортируется из AutoCAD. Моделирование стенки в линейной постановке выполнено с использованием конечных элементов пластинчатого типа.

Сравнение результатов численного расчёта НДС резервуаров с учётом вмятины сферической формы, полученных на основе универсального алгоритма, предложенного во втором разделе, с аналогичными исследованиями, приведенными в работе Л. А. Алифанова, приведено в таблице 2.

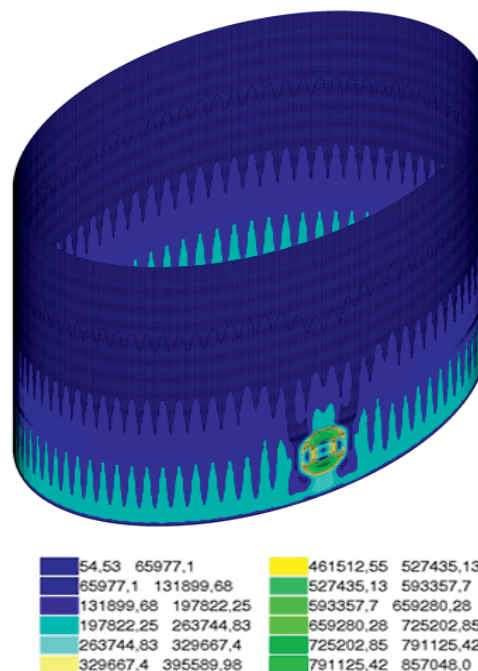


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений в стенке резервуара объемом 1000 м³ со сферической вмятиной при действии гидростатической нагрузки, кН/м²

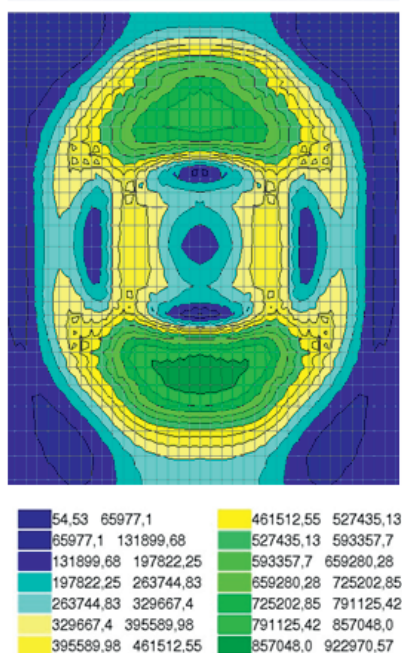


Рис. 3. Эквивалентные напряжения в зоне сферической вмятины № 94 при действии гидростатической нагрузки, кН/м²

На рис. 2 представлено распределение эквивалентных напряжений в стенке резервуара объемом 1000 м³ со сферической вмятиной при действии гидростатической нагрузки. Представленный расчет выполнен для сферической вмятины № 94.

Детальная графическая визуализация полей эквивалентных напряжений в зоне сферической вмятины на примере резервуара № 94 при воздействии гидростатической нагрузки приведена на рис. 3.

На основании анализа значений погрешности при численном расчёте (таблица 2), которая не превышает 10 %, можно сделать вывод о достоверности полученных результатов и подтверждении полной работоспособности универсального алгоритма моделирования поверхности резервуара с учётом местных несовершенств геометрической формы. При этом большая сходимость результатов наблюдается для резервуаров большего объема. В данном случае погрешность в расчётах может быть вызвана не только использованием разных вычислительных комплексов (доц. Алифанов Л. А. использовал вычислительный комплекс ANSYS и программный пакет NASTRAN), но и тем фактом, что Алифанов Л. А. в местах концентрации напряжений использовал более плотную сетку, в то время как в нашем случае сетка была более равномерной, чтобы не отходить от концепции универсальности предложенного алгоритма.

ВЫВОДЫ

Модифицирован универсальный алгоритм моделирования стенки резервуара с помощью дополнительного введения высоты вмятины и коэффициента, определяющего положение центра вмятины по отношению

к высоте резервуара для описания сферической формы вмятины определенного размера и расположения. Исследовано НДС ряда стальных резервуаров объемом от 1000 м³ до 10000 м³ для хранения нефтепродуктов с учётом местных несовершенств сферической формы под действием гидростатической нагрузки в линейной постановке, что позволило сопоставить результаты численных исследований с экспериментальными и теоретическими данными, полученными другими исследователями, и подтвердило достоверность полученных результатов исследований и работоспособность универсального алгоритма.

Список литературы

1. Е. А. Егоров, Комплексный анализ, оценка и управление надежностью стальных резервуаров для хранения нефтепродуктов [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.01 / Е. А. Егоров // Приднепровская гос. академия строительства и архитектуры. — Д., 2004. — 337 с.
2. Л. А. Алифанов, Нормирование дефектов формы и ресурса вертикальных цилиндрических резервуаров [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 01.02.06 / Л. А. Алифанов // Институт вычислительного моделирования СО РАН. — Красноярск, 2003. — 224 с.
3. B. Prabu, Parametric study on buckling behaviour of dented short carbon steel cylindrical shell subjected to uniform axial compression [Текст] / B. Prabu, A.V. Raviprakash, A. Venkatraman // Thin-Walled Structures. — 2010. — 48. — pp. 639-649.
4. F. H. Hamdan, Seismic behaviour of cylindrical steel liquid storage tanks [Текст] / F. H. Hamdan // Journal of Constructional Steel Research. — 2000. — 53. — pp. 307-333.
5. K. Rasiulis, Stress/strain state investigations for extreme points of thin wall cylindrical tanks [Текст] / K. Rasiulis, A. Љapalas, R. Vadluga, M. Samofalov // Journal of Constructional Steel Research. — 2006. — 62. — pp. 1232-1237.
6. А. А. Крысько, Геометрическое и компьютерное моделирование эксплуатируемых конструкций тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учётом несовершенств геометрической формы [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01, 05.01.01 / А. А. Крысько // ГОУ ВПО Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. — Макеевка: ДОННАСА, 2016. — 193 с.
7. РД 05-95-95. Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Текст]. — М. : ВНИИМонтажспецстрой, 1995. — 17 с.
8. Е. А. Егоров, Исследование вопросов устойчивости стальных вертикальных цилиндрических резервуаров [Текст] / Е. А. Егоров, Ю. В. Федоряка // Металлические конструкции. — 2006. — Том 9, № 1. — С. 89-97.
9. О. А. Крысько, Вычислительный алгоритм формирования геометрических моделей действительной поверхности тонкостенных оболочек технических форм методами БН-исчисления [Текст] / О. А. Крысько // Наукові нотатки : Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). — Луцьк, 2015. — Випуск 48. — С. 125-129.
10. О. А. Крысько, Обробка даних отриманих НЛС для створення геометричної моделі дійсної поверхні тонкостінних оболонок технічних форм [Текст] / О. А. Крысько // Сучасні проблеми моделювання : зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького ; гол. ред. кол. А. В. Найдич. — Мелітополь : Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. — Вип. 2. — С. 51-56.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Д. В. Выборнов, канд. техн. наук, доцент; Д. А. Кирилук, магистрант

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Вопрос использования альтернативных источников энергии обусловлен существующими на текущий момент проблемами в секторе энергетики. К ним относятся истощаемость традиционных энергетических ресурсов (ТЭР) и угроза благополучию окружающей среды вследствие техногенного воздействия. Обе проблемы можно частично решить, если использовать концепцию энергозамещения, внедряя технологии, в работе которых могут быть использованы нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). В рамках данной работы в качестве таких технологий рассматриваются теплонасосные установки (ТНУ), а в качестве источника низкопотенциальной энергии (ИНЭ) – бытовые сточные воды.

Ключевые слова: энергетический потенциал, рекуперация тепла, энергозамещение, теплонасосная установка, вторичное использование.



*Выборнов
Дмитрий Владимирович*



*Кирилук
Дмитрий Алексеевич*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Дефицит энергоресурсов и негативное воздействие объектов энергетики на состояние окружающей среды – причины, побудившие научное сообщество сосредоточить усилия на поиске энергии – альтернативы ТЭР, но при этом экологически нейтральной и прибыльной. Найденные впоследствии решения основываются на ресурсах с возможностью вторичного использования и освоении НВИЭ. Канализационные стоки как вторичный энергоресурс (ВЭР) интересны тем, что они доступны и содержат значительный тепловой потенциал. В 1980 году Норвегия стала первой страной, которая успешно реализовала потенциал сточных вод, используя для этого систему ТНУ [1]. Результаты их работы были оценены по достоинству, что способствовало популяризации идеи о рекуперации теплоты сточных вод с применением ТНУ. На текущий момент технология все еще непрерывно развивается и пользуется большим спросом в сфере жилищно-коммунальных инженерных систем. Поскольку промышленные стоки стоит рассматривать применительно к каждому отдельно взятому частному случаю в силу вариативности химического состава, теплового потенциала и возможной степени утилизации, отдельного внимания заслуживает вопрос утилизации теплоты сточных вод от жилых зданий.

Целью исследования является аналитический обзор зарубежных тематических публикаций и представление результатов их научной деятельности.

В первую очередь отдельного внимания заслуживает вид передачи энергии. Следует обратить внимание на то, что для рекуперации теплоты канализационных стоков зачастую применяются пароконденсационные тепловые насосы (ПТН), тогда как сорбционные установки практически не используются [2]. Свое широкое распространение ПТН получили из-за простой конструкции и возможности увеличить производительность, регулярно совершенствуя компрессорные установки и системы автоматики. Стоит обратить внимание на то, что для использования компрессора требуется постоянный источник электричества, а сама работа компрессора сопровождается шумом и вибрацией. Сорбционные ТН имеют более сложную конструкцию и характеризуются меньшим потреблением электроэнергии, однако для их эксплуатации необходимы дорогостоящие антикоррозионные материалы, а повышение производительности установок, в основном, сопровождается большими капитальными вложениями. На сегодняшний момент используемый

Общие сведения о тепловых насосах [4]

Типы тепловых насосов	Виды НПИТ	Диапазон рабочих температур теплоносителей, °С		Тепловая мощность, кВт	Рабочие агенты
		потока низкопотенциальной теплоты	на выходе конденсаторов		
«Воздух-вода»	Вытяжной воздух, наружный воздух, дымовые газы	До минус 25	До плюс 65	До 150	R410A, R407C, R290 (пропан) R744(CO2)
«Рассол-вода»	Грунт, сточные воды, вода поверхностных источников	До минус 5		До 650	R410A, R407C, R134a, R744(CO2)
«Вода-вода»	Подземные воды, обратная вода	До плюс 20		До 1500	R134a

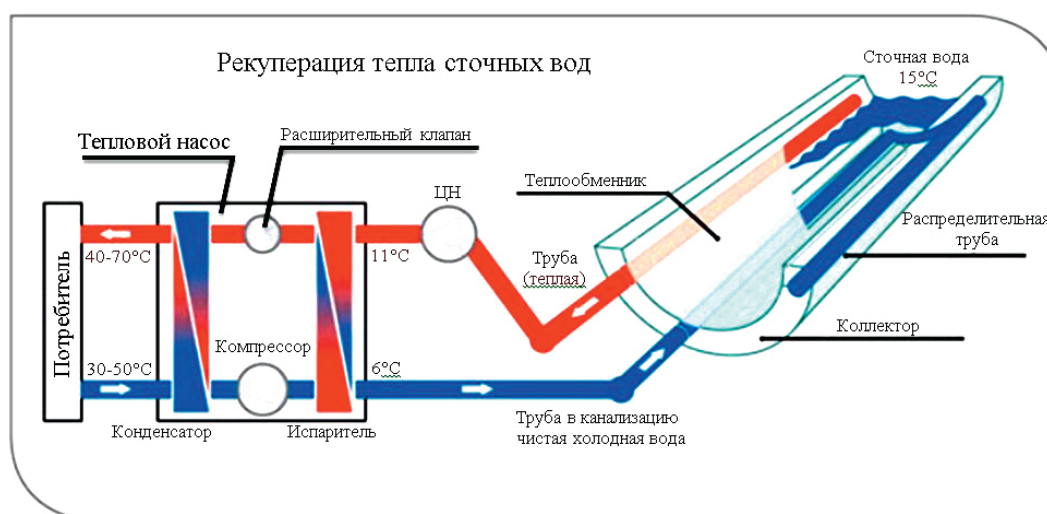


Рис. 1. Схема рекуперации тепла сточных вод [5]

адсорбируемый материал имеет низкие показатели теплообмена, вследствие чего установки имеют большие размеры и низкую производительность, что делает их использование нецелесообразным [3]. Так, при одинаковой производительности стоимость сорбционных ТН выше, чем у более простых ПТН. Некоторые характеристики системы ПТН приведены в таблице 1.

Примерную схему, по которой осуществляется рекуперация теплоты канализационных стоков, можно наблюдать на рис. 1.

Аналитические исследования по расположению низкопотенциального источника позволяют сделать заключение, что рекуперированное тепло канализационных стоков можно разделить на три группы (рис. 2) [2]:

- рекуперация энергии происходит в здании, например в ванной или кухне, где через водоразборное устройство отработанное тепло поступает в систему канализации;
- рекуперация энергии из неочищенной сточной воды (канализации) в городской линии распределения канализационных стоков;
- рекуперация энергии на водоочистных станциях (из очищенных сточных вод).

Исследованием рекуперации теплоты отработанной воды в здании занимались авторы [7]. В данной работе была создана термодинамическая модель системы подогрева душевой воды с помощью теплового насоса, использующего энергию сточных вод в постоянном режиме. Проведено моделирование и анализ для исследования энергоэффективности нагрева воды в различных условиях эксплуатации. Были получены следующие выводы:

- Если площадь теплообмена испарителя ограничена 0,5 м², коэффициент производительности (COP) теплового насоса в режиме отопления может достигать 3,3 и поддерживать постоянную величину при любой температуре воды, когда давление всасывания и нагнетания компрессора неизменны. Мощность компрессора и объемный расход воды увеличиваются с повышением температуры воды.
- Снижение давления всасывания компрессора является эффективным способом увеличения выпуска горячей воды, но негативно влияет на COP нагревания.
- Когда площадь испарителя варьируется от 0,5 до 1,0 м², COP увеличивается с 3,28 до 3,94. Тогда температура воды составляет 10 °С, а массовый расход выходной воды поддерживается на уровне 0,060 л/с.

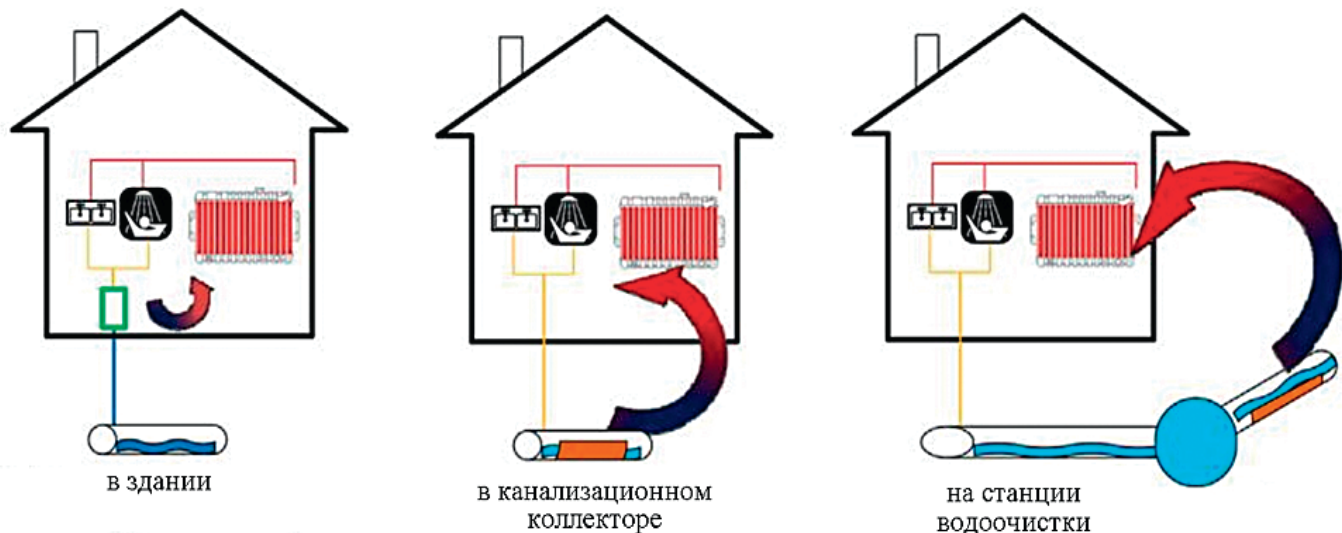


Рис. 2. Место рекуперации канализационных стоков [6]

Следовательно, ее увеличение является эффективным способом повышения производительности горячей воды и эффективности использования энергии.

– Плотность нагрева системы теплового насоса с рекуператором, установленным перед испарителем, может достигать 5,67. В условиях ограниченной зоны теплопередачи, правильное положение рекуператора в системе ТН является наиболее эффективным способом улучшения производительности и повышения энергоэффективности.

Исследованием существующей установки ТН (г. Амштеттен, Австрия) и результатами рекуперации тепла из канализационного коллектора занимались авторы [8]. Реализованная система состоит из водо-водяного теплового насоса с тепловой мощностью 230 кВт, который использует R134a в качестве хладагента в конфигурации усиленного впрыска пара (УВП). Контур смесительного типа, работающий с трехходовым клапаном, регулирует температуру на входе источника тепла. Теплоотвод подключен к теплоаккумулятору (для регулирования подачи тепловой энергии).

Над системой в течение года проводили мониторинг, а также динамическое моделирование, включающее один испытательный день для изучения потенциала оптимизации с точки зрения энергетических характеристик системы. Проведенное параметрическое исследование показало, что более длительное время цикла целенаправленного управления работы насосов может внести значительный вклад в повышение энергоэффективности системы.

Результатом однодневного моделирования стало увеличение КПД на 7% для случая с контролируемой производительностью тепловых насосов. Стало известно, что резервуар для хранения тепла увеличивает время цикла включения ТН на 16 минут, что способствует сокращению на 5 циклов включения/выключения в испытательный день. Меньшее количество циклов включения/выключения ТН означает меньшее время

работы во время пуска и выключения при низком КПД. В результате общий коэффициент производительности системы ТН может быть увеличен.

Анализ долгосрочной производительности системы показал, что использование смесительного контура не способствует эффективной работе системы. В то же время, его исключение приводит к 20%-ному увеличению COP, наряду с определенной экономией энергии (из-за более высоких температур на входе). Включение циркуляционного насоса за 4 минуты до начала работы компрессора ТН экономит энергию компрессора, но при этом увеличивает затраты энергии на работу циркуляционного насоса. Следовательно, для настоящей установки сохраняется 323 кВт/ч чистой электрической энергии вместе с сопоставимым коэффициентом производительности таким образом модифицированной системы.

Заслуживающая внимания система ТН, которую можно использовать для рекуперации как неочищенных, так и сточных вод, прошедших очистку, была предложена автором [9]. Сточные воды из главного коллектора поступают в камеру, а затем проходят через фильтровальную станцию для отделения осадка. Экранирование осуществляется для того, чтобы предотвратить закупорку теплообменников, при этом отсутствует монтажное устройство для очистки, теплообменники самоочищаются без внутренних подвижных частей. Отфильтрованные твердые частицы остаются в закрытой системе до тех пор, пока поток охлажденной/нагретой возвратной воды не вымоет их обратно в канализационную систему, исключая необходимость удаления отфильтрованных твердых частиц.

Тепловая энергия, рекуперлируемая теплообменниками, передается в коммунальное теплоснабжение или охлаждение с помощью водяных/водяных тепловых насосов. Технология также прошла испытания при низких и высоких наружных температурах (от -17°C до $+37^{\circ}\text{C}$), а также при колебаниях количества и качества сточных вод.

Доступные значения энергоэффективности тепловых насосов с системой очистки сточных вод являются следующими: в режиме отопления $COP = 5,5-6,5$; в режиме охлаждения $COP = 6,0-7,0$.

Развертывание системы является наиболее выгодным там, где:

- здание имеет значительные потребности в охлаждающей энергии. Система охлаждения работает при перепаде температур $7/12^{\circ}C$, но может достигать и более высоких показателей ($8/20^{\circ}C$). Эффективность системы повышается при подаче энергии на охлаждение;

- здание также нуждается в отоплении. Температура поступающей воды в системе отопления, обслуживающей потребителей, не превышает $50-55^{\circ}C$. Это является доказательством рациональности применения в качестве вспомогательного источника энергии для систем с более высокой температурой;

- одновременно возникают потребности в охлаждении и отоплении: эффективность системы заметно повышается, когда можно использовать обе термические стороны теплового насоса.

Следует отметить, что существуют реальные объекты, которые используют вышеупомянутую систему рекуперации тепла сточных вод: Будапештский военный госпиталь (3,80 МВт тепловой мощности 2,98 МВт холодопроизводительности), Ференцваросская насосная станция сточных вод (1,23 МВт тепловой мощности 1,20 МВт холодопроизводительности), Рыночный зал в районе Újpest г. Будапешт, (1,69 МВт тепловой мощности, 1,75 МВт холодопроизводительности). Там тепловой насос, помимо стандартных функций отопления и охлаждения, производит санитарную горячую воду.

Также важно уделить внимание такому одному из основных узлов ТНУ как компрессор. Исследования по установкам компрессоров, в основном, направлены на оптимизацию существующих систем при совместном использовании с ТН. Они базируются на создании математических моделей оптимизации и разработке эффективных программных алгоритмов для совместной работы компонентов. Исследования же конструктивных особенностей строения компрессоров применяются лишь в частных случаях. Несмотря на то, что тематические исследования проводятся для установок с различным назначением, их использование может быть универсальным, что позволяет применять их для работы систем рекуперации канализационных стоков. Большое количество исследований связано с использованием высокотемпературных ТН для оптимизации работы в промышленности и системах централизованного теплоснабжения.

Применение винтовых компрессоров было рассмотрено в работе [10], авторами была предложена оптимальная схема компрессора для работы его совместно с ТН. Оптимизация заключается в создании математической модели, основой для которой является соотношение объемного коэффициента винтового компрессора и годового интегрированного коэффициен-

та эффективности, опирающегося на потребности охлаждения и отопления при различных нагрузках (рис. 3). Для оценки эффективности схема была применена к установке геотермального ТН. Результаты показали, что при использовании такой схемы годовой интегральный коэффициент полезного действия увеличился бы не более чем на 6%.

Оптимальную схему также можно применять к спиральным, кулачковым и поршневым компрессорам.

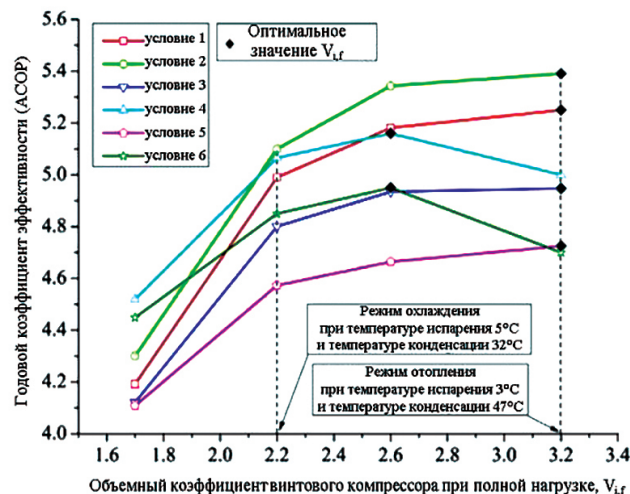


Рис. 3. Влияние объемного коэффициента ($V_{i,f}$) при различных условиях нагрузки на годовой коэффициент эффективности (АСОР) [10]

Использование центробежного компрессора было исследовано группой авторов [11]. В данной работе проведено сравнение системы в двух конфигурациях цикла: открытый контур с двухступенчатым сжатием пара, закрытый контур с использованием ХА (неопентан, изопентан, циклопентан, R1233zd(H), гексаметилдисилоксан). Конфигурация теплового насоса с открытым контуром и двухступенчатым сжатием получила лучшие показатели коэффициента производительности ($COP = 5,48$) и теплового потока ($Q = 1734$ кВт). Однако следует отметить, что разработка подходящего компрессора для водяного пара является более трудоемкой задачей из-за высоких значений скорости вращения, низких показателей массового расхода и большого перепада давления, что, в свою очередь, требует использования технологического решения. Более того, высокие значения скорости вращения приводят к более высоким потерям в рабочем колесе и диффузоре, что требует особого внимания к гидродинамике машины. Система с замкнутым циклом, использующая циклопентан, показала меньший коэффициент производительности ($COP = 4,74$) и тепловой поток ($Q = 1225$ кВт), чем система с открытым циклом, но в пользу более простой конструкции компрессора (одноступенчатая конфигурация, рабочее колесо с обратным ходом и относительно низкой скоростью вращения).

Применение спиральных компрессоров с впрыском пара и высокотемпературного двухступенчатого

поршневого компрессора рассмотрено в работе [12]. Сравнение было проведено с точки зрения эффективности компрессора, объемной эффективности, COP и холодопроизводительности с хладагентом R407C. Проанализированы сезонные характеристики обоих компрессоров, работающих в режимах охлаждения и нагрева.

Результаты показывают, что спиральный компрессор с впрыском пара представляет лучшую эффективность и COP, чем высокотемпературный двухступенчатый поршневой компрессор для коэффициентов давления ниже 7,5. Этот компрессор может быть использован в системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах, которые работают при умеренных температурных условиях. Для более высоких коэффициентов давления высокотемпературный двухступенчатый поршневой компрессор имеет лучшие показатели эффективности, которая, впоследствии, дает более высокий КПД. Этот тип компрессора больше подходит для использования в системах горячего водоснабжения, работающих в суровых климатических условиях, и в системах низкотемпературного холодоснабжения (ниже -20°C).

Недостаток исследования состоит в том, что рассматривается применение только одного типа хладагента (R407C). Однако, с точки зрения эффективности и КПД, на основании результатов можно предполагать, что для хладагентов с большими перепадами давления (R134a, R32) использование высокотемпературного двухступенчатого поршневого компрессора было бы целесообразней. И, наоборот, для хладагентов с более низкими перепадами давления (R290, R404A, R410A) было бы выгодно использовать спиральный компрессор с впрыском пара.

Используя систему ТН, установленную в машинном зале Университета Ясар, (Турция), авторами [13] были определены потери эксергии и экономическая эффективность каждого компонента. Эксергетическая эффективность всей системы и ТН составила 61%

и 71%. Стоит отметить, что для фанкойлов и ТН значения затрат в связи с эксергетическими потерями были больше, чем у остальных элементов системы, это указывает на то, что следует более внимательно подходить к выбору данного оборудования для различных областей применения. При этом, относительно остальных компонентов эксергетические потери компрессора были менее высоки (рис. 4).

Отдельного внимания заслуживают имеющиеся на сегодняшний день хладагенты, которые могут быть использованы в ТНУ. Выбор правильного хладагента характеризует работу системы в целом (он же определяет параметры конденсатора и испарителя) и позволяет минимизировать лишние затраты на обслуживание системы, что существенно важно на стадии проектирования.

Подробный анализ потенциала современных хладагентов был выполнен в работах [13-16]. Некоторые характеристики хладагентов, используемых в ТН, указаны в таблице 2.

Среди природных ХА (R170, R290, R600, R600a, R1270, R717, R744), лучшие результаты показали CO₂ (R744), аммиак (R717) и этан (R170). Синтетические ХА, такие как R152a, R1234yf и R1234ze, имеют сравнительно лучшие рабочие характеристики, чем хладагенты R717 и R170 [14,15,17].

Сравнение энергетических и эксплуатационных характеристик последних вариантов смесей (HFC/HFO/HC/R744) с ранее разработанными прототипами выполнялось в работах [15-17]. Такие ХА как R445A, R456A, R515A, R436A и другие смеси R600a/R290, а также комбинация R134a с R1234yf и R1234ze, были рассмотрены как ХА для замены R134a. R430A представляет наиболее близкие к R134a значения, превышающие значения COP для всех рабочих условий, а минимальный COP получен для смесей R445A и AC5X [16].

Для замены R404A предлагается использовать ХА R448A, R449A, R454C, R455A, R442A, R407H и R452A. Следует отметить, что из-за различия между собой,

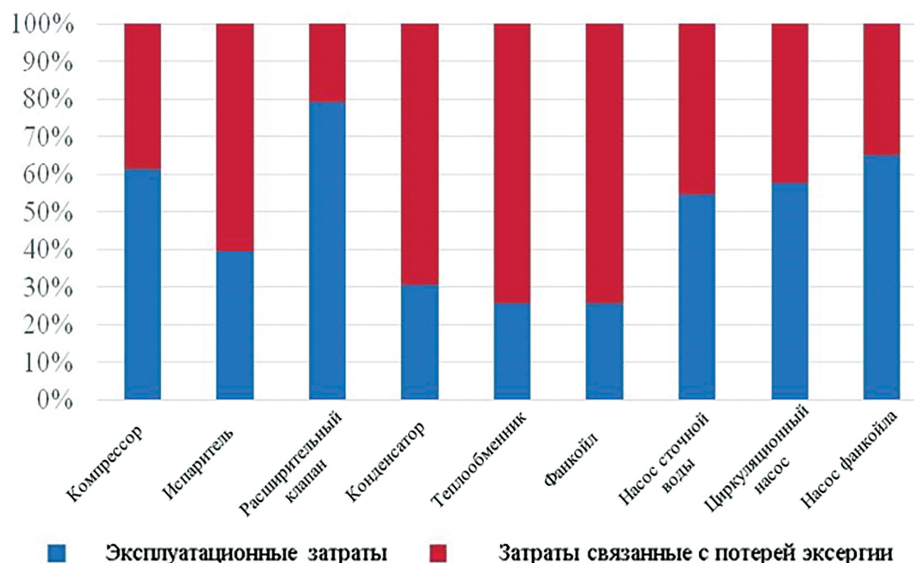


Рис. 4. Эксерго-экономические затраты (€/ч) [13]

Таблица 2.

Основные свойства рабочих агентов тепловых насосов [4]

Виды рабочих агентов	Нормальная температура кипения, °С	Критическая температура, °С	Критическое давление, МПа	Озоно-разрушающий потенциал (ODP)	Потенциал глобального потепления (GWP)	Горючесть
R410A (50%R-32+50%R-125)	минус 51	72,5	4,93	0	1720	не горюч
R407C (23%R-32+25%R-125 +52%R134a)	минус 44	87,3	4,63	0	1520	не горюч
R134a	минус 26	101,0	4,06	0	1200	не горюч
R290 (пропан)	минус 42	97,0	4,27	0	3	горюч
R744 (CO ₂)	минус 78,5	31,0	7,383	0	1	не горюч

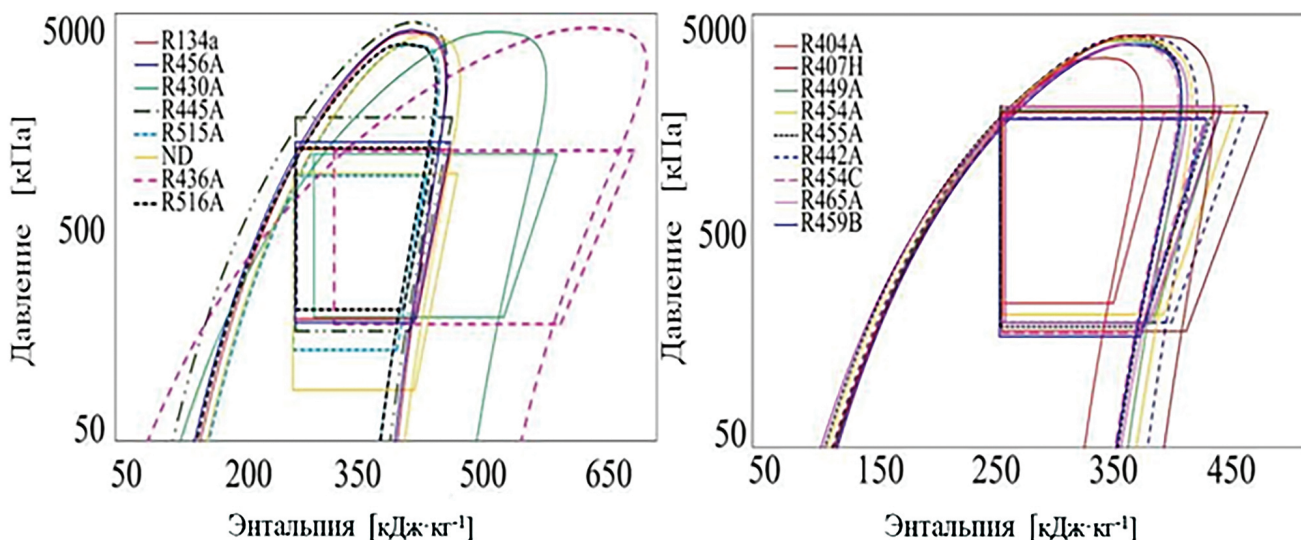


Рис. 5. P-h диаграмма хладагентов [16]

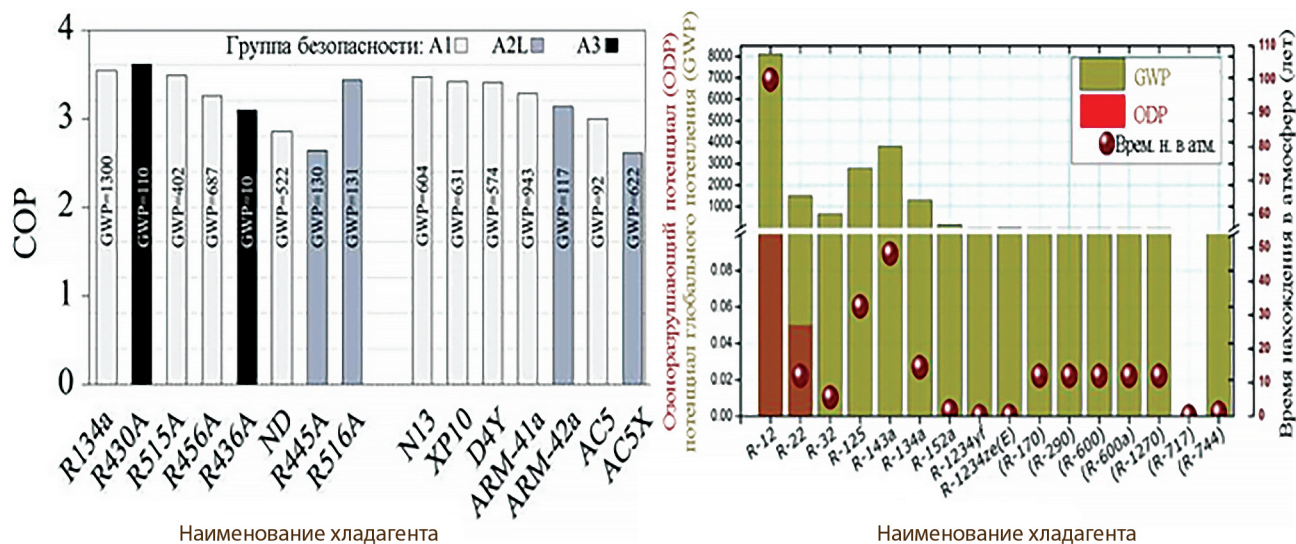


Рис. 6. Экологические характеристики синтетических и натуральных ХА [14, 16]

предполагаемое применение данных ХА будет зависеть от потенциала глобального потепления (GWP), воспламеняемости, температуры нагнетания и температурного скольжения. Результаты исследования показали, что использование R455A и R465A в системе ТН менее эффективно по показателю COP, а R442A, R449A и R407H могут представлять собой энергетическое преимущество относительно R404A. Некоторые характеристики ХА приведены на рисунках 5-6.

ВЫВОД

На данный момент использования тепловых насосов являются весьма перспективной энерго-сберегающей технологией с огромным потенциалом. Они стремительно становятся ключевым элементом в энергобалансе стран, для которых снижение выбросов парниковых газов имеет такой же приоритет, как и эффективное тепло- и холодоснабжение. Для того, чтобы максимально эффективно реализовывать эти функции, необходимо знать особенности условий, при которых система будет эксплуатироваться, и ответственно подойти к выбору и компоновке технологического оборудования и рабочей среды. Бытовые сточные воды как ИНЭ уже длительное время являются предметом исследования многих инженеров, а огромное количество тематического материала говорит о том, что общественность заинтересована в использовании теплоты канализационных стоков, снижении расхода ТЭР и улучшении экологической ситуации.

Список литературы

1. Zogg, M *History of heat pumps: Swiss contributions and international milestones*. – Oberburg: Department of Environment, Transport, Energy and Communications DETEC, Swiss Federal Office of Energy SFOE Section Energy Efficiency and Renewable Energies, 2008. – 114 с.
2. Arif Hepbasli, Emrah Biyik, Orhan Ekren, Huseyin Gunerhan, Mustafa Araz *A key review of wastewater source heat pump (WWSHP) systems // Energy Conversion and Management*. 2014. – №88. – С. 700-722.
3. Bidyut Baran Saha, Kutub Uddin, Animesh Pal, Kyaw Thu *Emerging sorption pairs for heat pump applications: an overview // JMST Advances*. 2019. – №1. С. 161-180.
4. Жидович, И.С. *Применение тепловых насосов в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения многоквартирного жилого фонда на принципах энергосбережения // Программа развития ООН в Республике Беларусь Глобальный экологический фонд*. – Минск: Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь, 2014. – С. 32.
5. Laura Bellido Garcna–Seco, Marna Antonia Ferreira Romero, Roberto Bosqued Garcna, Santiago Rodriguez-Gimeno *Martinez Guna de Asistencia Técnica 19// Coleccion GAT 19 Rehabilitaciyn*. – Madrid: Ediciones de Arquitectura Fundaciyn Arquitectura COAM Colegio oficial de arquitectos de madrid, 2015. – С. 352.
6. Oguzhan Culha, Huseyin Gunerhan, Emrah Biyik, Orhan Ekren, Arif Hepbasli *Heat exchanger applications in wastewater source heat pumps for buildings: A key review // Energy and Buildings*. 2015. – № 104. – С. 215-232.
7. Yuguo Wu ; Yake Jiang ; Bo Gao ; Zhigang Liu ; Jing Liu *Thermodynamic analysis on an instantaneous water heating system of shower wastewater source heat pump // Journal of Water Reuse and Desalination*. 2018. – № 8(3). – С. 404-411.
8. Mirza Popovac, Immacolata Moretti, Michael Lauermann, Andreas Zottl *Monitoring and optimization of an existing heat pump system using waste water as the heat source // 12th IEA Heat Pump Conference*. – Vienna: Austrian Institute of Technology, 2017. – P.3.7.4.
9. Pal Kiss *Efficient solution for large heat pumps: wastewater heat recovery // 12th IEA Heat Pump Conference 2017*. – Hungary: Marcell Dombrovsky, 18 Huvosvolgyi St., Budapest 1021, 2017. – P.3.7.1.
10. Yu Wang, Zhiwei Wang, Mingzhu Li, Tingting Chen, Zhanwei Wang *An optimal matching strategy for screw compressor for heat pump applications // Applied Thermal Engineering*. 2018. – № 132. – С. 333-340.
11. Andrea Meroni, Benjamin Zshlsdorf, Brian Elmegaard, Fredrik Haglund *Design of centrifugal compressors for heat pump systems // Applied Energy*. 2018. – № 232. – С. 139-156.
12. Fernando M. Tello Oquendo, Emilio Navarro Peris, Josu Gonzálvez Macia, Josu M. Corberón *Performance of a scroll compressor with vapor-injection and two-stage reciprocating compressor operating under extreme conditions // International Journal of Refrigeration*. 2016. – № 63. – С. 144-156.
13. Alexandre Bertrand, Riad Aggoune, Francois Marüchal *In-building waste water heat recovery: An urban-scale method for the characterisation of water streams and the assessment of energy savings and costs // Int. J. Exergy Vol 30*. 2019. – № 3. – С. 239-257.
14. Naeem Abasa, Ali Raza Kalairb, Nasrullah Khanb, Aun Haiderc, Zahid Saleemd, Muhammad Shoaib Saleemc *Natural and synthetic refrigerants, global warming: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. – № 90. – С. 557-569.
15. Zshlsdorf, Benjamin; Jensen, Jonas Kjær; Cignitti, Stefano; Madsen, Claus; Elmegaard, Brian *Improving efficiency of heat pumps by use of zeotropic mixtures for different temperature glides // 30th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*. San Diego: Proceedings of ECOS, 2017. – С. 15.
16. Y. Heredia-Aricapa, J.M. Belman-Flores, A. Mota-Babiloni, J. Serrano-Arellano, Juan J. Garca-Pabon *Overview of low GWP mixtures for the replacement of HFC refrigerants: R134a, R404A and R410A // International Journal of Refrigeration*. 2020. – № 111. – С. 113-123.
17. Adrián Mota-Babiloni, Joaquín Navarro-Esbrn, Francisco Molús, Bngel Barragón Cervera, Bernardo Peris, Gumersindo Verd *A review of refrigerant R1234ze(E) recent investigations // Applied Thermal Engineering*. 2016. – №95. – С. 211-222.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Н. В. Долгов, канд. техн. наук, доцент; Т. В. Селютина, магистрант

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Проведен анализ исследований ведущих ученых с целью определения рациональной методики расчета регулирующей арматуры при изменении нагрузки систем отопления в течение суток для различных видов потребителей тепловой энергии, в частности для потребителей жилых и общественных зданий. В статье рассмотрены существующие наиболее распространенные системы отопления, выявлены преимущества и недостатки данных систем. Выявлено, что одним из основных преимуществ существующих систем отопления является возможность количественного регулирования у потребителя, а также автоматизация процессов в проектируемых системах отопления. Установлено, что в большинстве случаев при расчетах систем отопления не учитывается изменение пропускной способности регулирующей арматуры, влияющее на характеристики гидравлического режима систем отопления. На основании проведенного анализа различных режимов и способов регулирования теплоотдачи систем отопления выявлена необходимость учета характеристик пропускной способности термостатических и балансировочных клапанов для стабилизации гидравлического режима в период эксплуатации систем отопления.

Ключевые слова: автоматический режим, отопление, гидравлический режим, микроклимат, циркуляционное давление.



*Долгов
Николай Викторович*



*Селютина
Татьяна Валерьевна*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных системах отопления применяется различная регулирующая арматура, которая обеспечивает переменный теплогидравлический режим работы системы для поддержания комфортных условий в отапливаемом помещении на протяжении отопительного сезона, и, одновременно, экономное потребление тепловой и электрической энергии. В результате воздействия автоматических регуляторов и заведомо низкого значения расхода в системе, режим течения теплоносителя в системе выходит за границы турбулентного режима, принимаемого при традиционном расчёте. Это ставит под сомнение точность традиционного подхода к расчёту таких систем. Кроме того, отсутствует методика выбора необходимого набора регуляторов в системе отопления и их типоразмера. Эти проблемы не решены как в отечественной, так и в зарубежной практике, а также не отражены в нормативной документации.

Результаты исследований в данной области показывают, что в современных системах отопления наблюдается непостоянный гидравлический режим, который приводит к нестабильной работе системы отопления, а это является серьезной проблемой.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка особенности тепло-гидравлического режима работы системы отопления с автоматическим регулированием, влияющей на качество работы системы.

Основным назначением систем отопления является создание и поддержание требуемых комфортных условий для пребывания человека в отапливаемых помещениях здания на протяжении всего отопительного сезона. При этом должна обеспечиваться экономичность системы, которая достигается путём исключения или сокращения бесполезных финансовых и энергетических затрат.

Для отопления жилых многоэтажных зданий советской постройки применялись преимущественно вертикальные системы отопления (рис. 1).

Основным недостатком данных систем отопления является то, что нет возможности установить квартирный узел учета, а к основным преимуществам можно отнести их достаточно небольшую материалоёмкость по сравнению с современными горизонтальными системами отопления (рис.2).

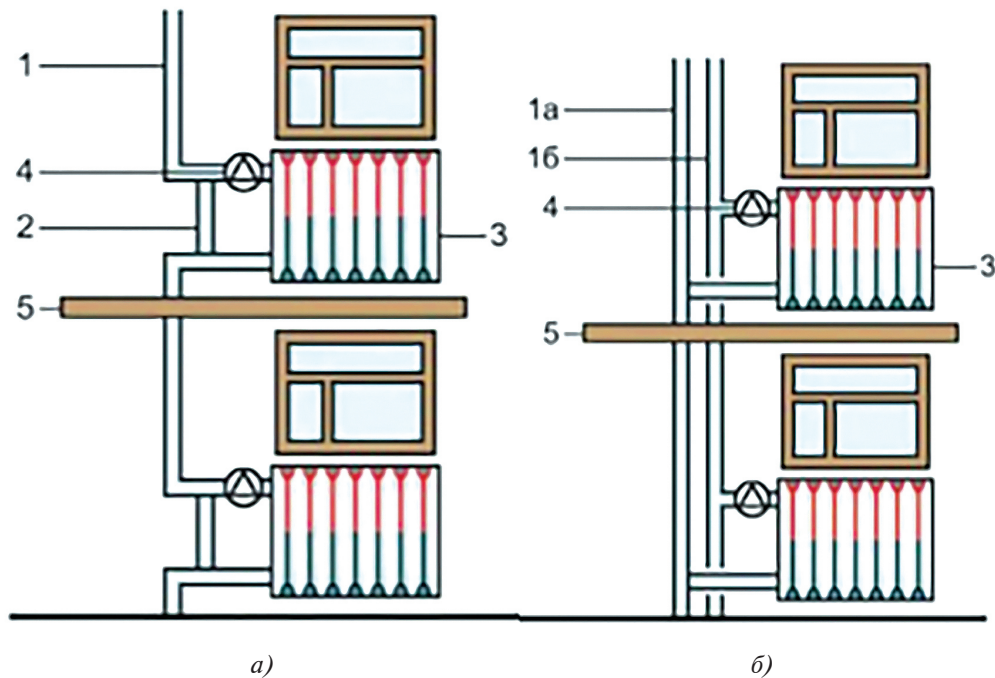


Рис. 1. Вертикальные системы отопления:

а) однотрубная система отопления; б) двухтрубная система отопления;
 1 – стояк; 1а – обратный стояк; 1б – подающий стояк; 2 – замыкающий участок;
 3 – отопительный прибор; 4 – радиаторный термостат; 5 – перекрытие

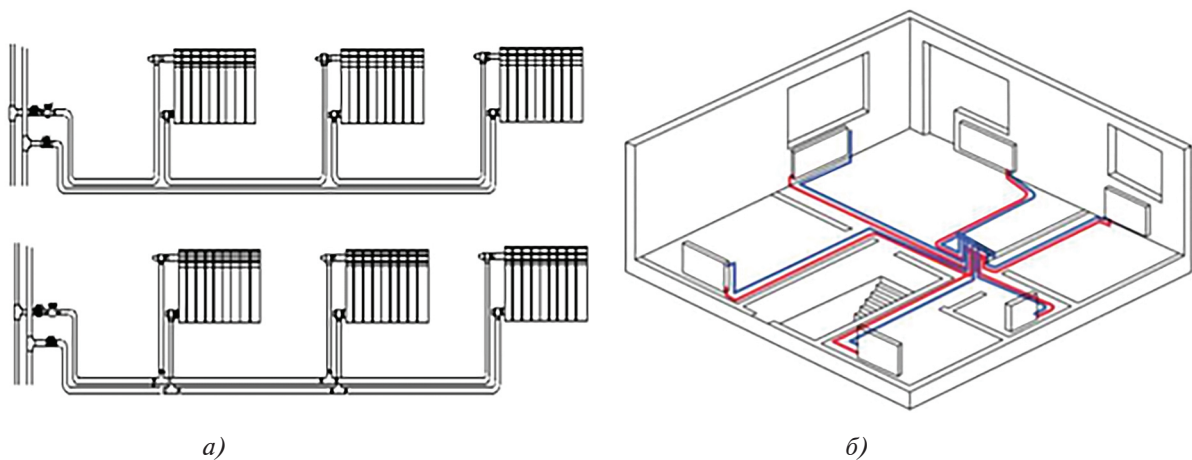


Рис. 2. Системы отопления с горизонтальной разводкой системы отопления:

а) тупиковая разводка; б) коллекторная разводка

К преимуществам данных систем можно отнести наличие квартирного узла учета расхода теплоносителя, а к недостаткам – большую металлоёмкость.

Известно, что регулирование систем теплоснабжения и отопления осуществляется тремя способами: качественным, количественным и качественно-количественным. Также регулирование можно классифицировать как: центральное, групповое, местное и индивидуальное [1]. Изменение теплоподдачи в ходе регулирования разделяется также в зависимости от

параметра, который является исходным для его осуществления [2]. На начальных этапах регулирования, как правило, таковым является текущая температура наружного воздуха (регулирование «по возмущению»). Температурный датчик при этом размещается снаружи на затенённом фасаде здания. Этот способ проще и дешевле в осуществлении, но менее точен из-за возможных различий теплотехнических характеристик ограждающих конструкций группы отапливаемых зданий. На конечных этапах регулирования, как правило,

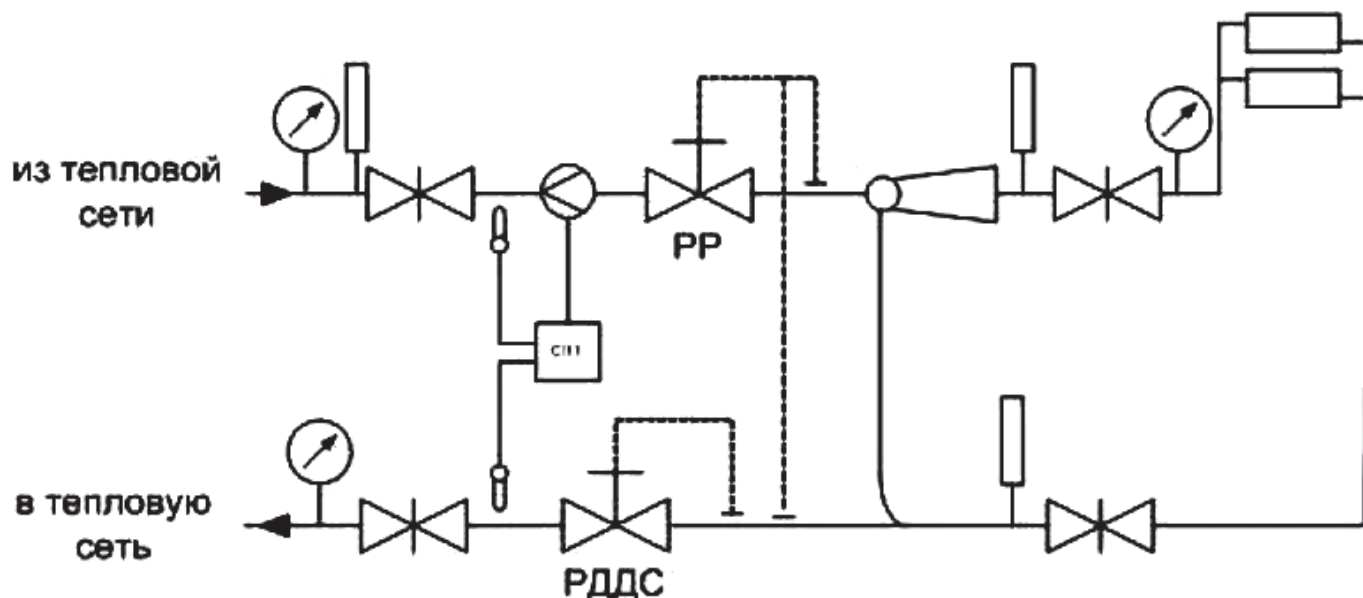


Рис. 3. Зависимая схема подключения системы отопления:
 PP – регулятор расхода; РДДС – регулятор давления до себя;
 СПТ – теплосчетчик

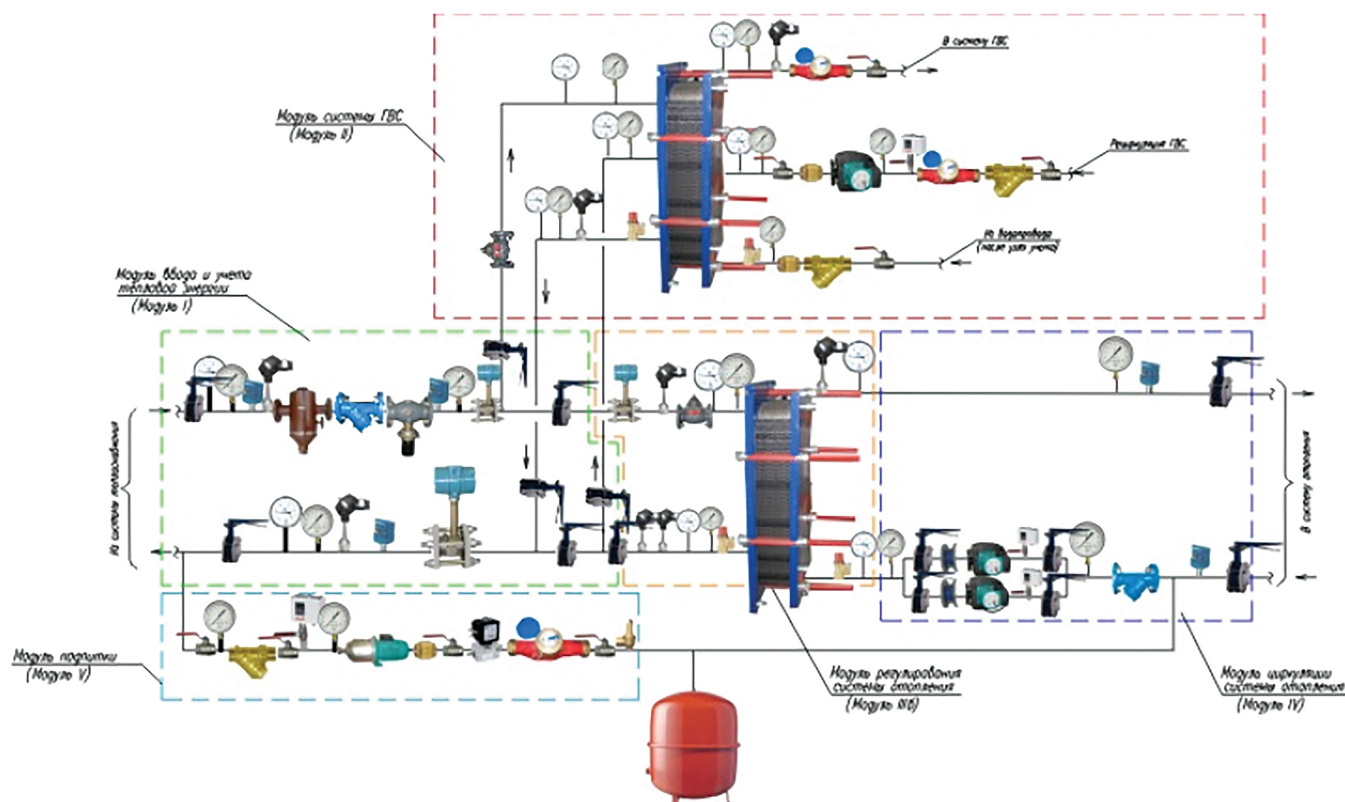


Рис. 4. Схема независимого подключения системы отопления

более точно осуществляется непосредственно по тому параметру, который является главным и определяющим во всем этом процессе, — по температуре внутреннего воздуха отапливаемого помещения (регулирование «по отклонению»). Температурный датчик чаще всего в этом случае является элементом непосредственно самого регулирующего органа.

В советский период широкое применение получила схема с зависимым подключением абонентов к тепловой сети. В данной схеме не требуется установка дорогостоящего теплообменного оборудования, а лишь устанавливается струйный элеватор. Данная схема не позволяет сооружать современные автоматизированные системы отопления с погодным регулированием (рис.3).

Для качественного регулирования систем отопления наиболее эффективным решением является применение индивидуальных тепловых пунктов с пластинчатыми теплообменными аппаратами (рис. 4).

Преимуществом данной схемы является возможность регулирования температуры в отапливаемом помещении непосредственно самим потребителем, а также возможность погодного регулирования.

Конструкция современной системы отопления предполагает наличие различного вида оборудования, причём каждый элемент решает свою индивидуальную задачу. Но невозможно полностью исключить и взаимное влияние этих элементов. Даже, если каждый элемент обеспечивает высокую энергоэффективность [1, 2], это не означает, что вся система в целом будет работать эффективно. При некорректном выборе оборудования оно может стать «балластом» в процессе эксплуатации, тем самым уменьшая эффективность работы отопительной системы. Вопрос выбора оборудования полностью возлагается на проектировщиков, однако, неправильный монтаж, наладка и эксплуатация сложных устройств также может стать причиной выхода его из строя или неэффективной работы всей системы [3]. Поэтому, важно на стадии проекта грамотно выбирать тип и место установки оборудования, при монтаже и первоначальной наладке соблюдать все требования инструкций и проекта, а в процессе эксплуатации вовремя производить ремонтные работы на высоком требуемом уровне.

Включение систем автоматизации в конструкцию современной системы отопления и теплового пункта позволяет автоматически контролировать параметры микроклимата в помещении и теплоносителя в системе отопления и на её участках, а также обеспечивать учёт тепловой энергии, потребляемой системой. Все эти мероприятия призваны повышать энергетическую эффективность системы и регулировать режим её работы. Однако, повышенные капитальные и возможные эксплуатационные затраты могут превзойти экономический эффект от сокращения теплопотребления системой отопления. Таким образом, применение того или иного оборудования должно быть экономически обосновано.

В современных системах отопления все чаще стали использоваться системы автоматического регулирования, которые, в той или иной мере, призваны улучшить показатели работы систем. В первую очередь установка новых образцов оборудования связана с европеизацией рынка подобных устройств [4]. Регулирующие краны двойной регулировки заменяются так называемыми термостатическими клапанами (рис. 5) с повышенным гидравлическим сопротивлением, а краны трёхходовые и проходные на аналогичные термостатические клапаны с пониженным гидравлическим сопротивлением.

Клапаны устанавливаются, как правило, на подводке к отопительному прибору, либо встраиваются непосредственно в конструкцию отопительного прибора.

Термостатические клапаны можно классифицировать следующим образом: по количеству направления ходов теплоносителя; по типу предварительной настройки; по изменению направления потока теплоносителя; по возможности использования в различных видах систем отопления; по месту установки.

Конструкция этих клапанов позволяет изменять проходное сечение за счёт изменения положения штока либо ручным воздействием, либо с помощью термостатической головки или иного механизма. В расчёте это учитывается изменением величины проводимости клапана $\sigma_{кл}$, кг/(ч·Па^{0,5}), или, как её принято называть и обозначать в каталогах и справочниках фирм-производителей, пропускной способности k_v , (м³/ч)/бар^{0,5}. Именно эта характеристика используется при проектировании системы отопления, так как она позволяет определить диапазон количественного регулирования теплоотдачи отопительного прибора и степень воздействия на гидравлический режим работы системы отопления в целом.

Пропускную способность любого элемента системы отопления k_v обычно определяют по формуле:

$$k_v = G \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta P}}, \quad (1)$$

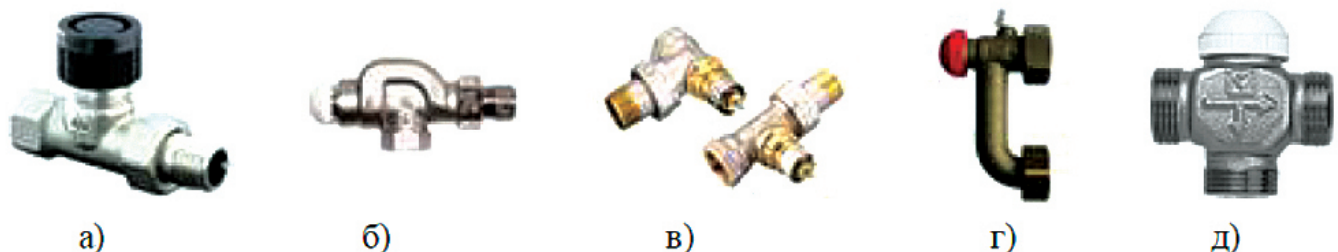


Рис. 5. Термостатические клапаны для систем отопления:

а – двухходовой с плавной открытой преднастройкой проходной для двухтрубных систем; б – двухходовой без преднастройки угловой для однотрубных систем; в – двухходовой с плавной открытой преднастройкой угловой и проходной для двухтрубных систем; г – двухходовой без преднастройки специальной конструкции с воздухоотводчиком для двухтрубных систем отопления; д – трёхходовой с плавной открытой преднастройкой для однотрубных систем

где G – объёмный расход теплоносителя через элемент системы отопления, м³/ч;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³;

ΔP – разница давления на элементе, бар.

Для упрощения расчётов в [5] приведена следующая формула расчёта пропускной способности k_v

$$k_v = 0,316 \sqrt{\frac{G}{\Delta P}}, \quad (2)$$

где G – массовый расход теплоносителя через элемент системы отопления, кг/ч;

ΔP – потеря давления в элементе, Па.

Формула (2) является преобразованной формулой (1), причём плотность теплоносителя принимается 1000 кг/м³, что не совсем точно отражает физическую сущность работы систем водяного отопления, где плотность подаваемого теплоносителя при расчётной температуре (95°С) достигает значения 970 кг/м³.

При расчёте системы отопления по методу характеристик сопротивления [6, 7] удобно использовать формулу для определения характеристики сопротивления регулирующего элемента $S_{кл}$, Па/(кг/ч)²

$$S_{кл} = \frac{10^5}{\rho^2 k_v^2}, \quad (3)$$

а пропускную способность регулятора $\sigma_{кл}$, кг/(ч·Па^{0,5}) можно определить, исходя из следующей формулы

$$\sigma_{кл} = \frac{1}{\sqrt{S_{кл}}}. \quad (4)$$

Обычно расчёт пропускной способности клапана игнорируется, и клапан подбирается только по диаметру подводящих теплопроводов, что приводит к ошибкам и снижению качества эксплуатации системы, а также к образованию избыточного шума. Важно отметить, что пропускную способность полностью открытого клапана принято обозначать k_{vs} .

Пропускная способность клапана является расчётной величиной и в практике монтажных, наладочных и эксплуатационных работ не используется. При настройке пропускной способности клапана используют величину настройки $n_{кл}$, которая гравировается на самом клапане. Величина настройки должна выбираться ещё на стадии проектирования и соответствовать расчётной пропускной способности клапана. Данная величина выбирается либо по справочным данным фирм–производителей, либо по соответствующим зависимостям [8] и указывается в проектной документации для каждого клапана.

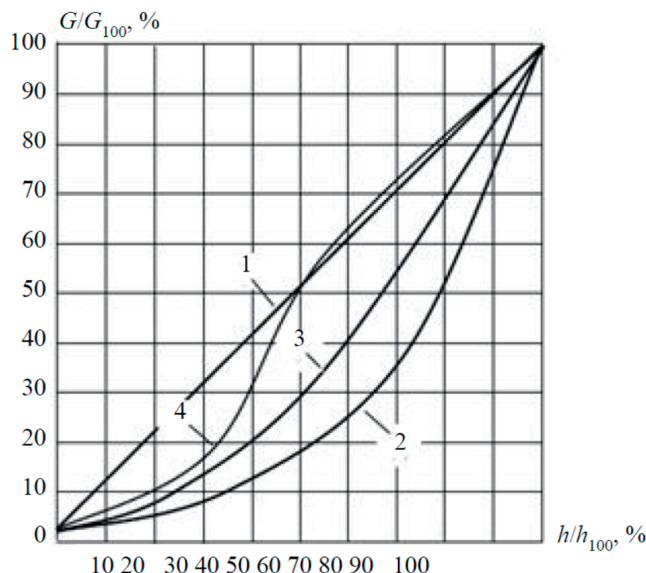


Рис. 6. Идеальная расходная характеристика регулирующих клапанов: 1 – линейная; 2 – логарифмическая; 3 – параболическая; 4 – логарифмическо-линейная; G/G_{100} – отношение фактического и максимально возможного расхода через клапан; h/h_{100} – относительный уровень подъёма затвора клапана

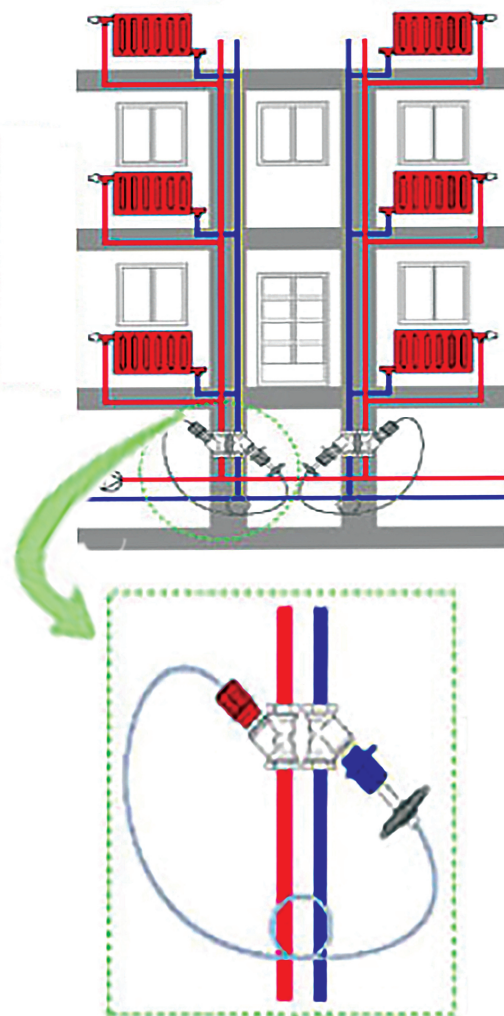


Рис. 7. Схема установки балансировочной арматуры

Следует отметить, что зависимость теплового потока с поверхности отопительного прибора от расхода теплоносителя через него нелинейная и зависит от типа прибора [9]. Поэтому используются различные конструкции штока ТСК, которые обеспечивают линейную, пропорциональную (логарифмическую), параболическую или линейнопропорциональную (логарифмическо-линейную) характеристику регулирования [5].

Характеристика выражает зависимость между отношением фактического и максимально возможного расхода через клапан G/G_{100} , %, соответственно, и относительного уровня подъёма затвора клапана h/h_{100} , % (рис. 6).

При установке регулирующих клапанов с термостатическими элементами будет наблюдаться нестабильный гидравлический режим. Для поддержания постоянного перепада давления применяются балансировочные клапаны, которые дублируются запорным клапаном. Балансировочный клапан и запорная арматура соединяются импульсной трубкой. Схема установки балансировочной арматуры представлена на рис. 7.

Данный вариант установки предполагает установку термостатических элементов перед отопительными элементами, с предварительной преднастройкой. В приведенной схеме переменный расход зависит от термостатического элемента, а требуемый перепад давления обеспечивается регулятором перепада давления.

ВЫВОД

Проведенный анализ особенностей теплогидравлических режимов работы систем отопления с автоматическим регулированием расхода теплоносителя выявил необходимость корректного учета характеристик регулирования термостатических и балансировочных клапанов при проектировании систем отопления.

Список литературы

1. ГОСТ 31531-2012. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям [Текст] — М.: ВНИИИМАШ, 2012. — 6 с.
2. А. Л. Наумов, Маркировка энергоэффективности инженерного оборудования как основной инструмент энергосбережения [Текст] / А. Л. Наумов // Энергосбережение. — 2010. — № 3. — С. 4-8.
3. А. М. Филипов, Ошибки при внедрении автоматизированных узлов управления систем отопления в Москве (2008–2009 годы) [Текст] / А. М. Филипов // Сантехника. — 2010. — № 3. — С. 52-55.
4. BS EN 215:2019. Thermostatic radiator valves – Requirements and test methods [Текст] — EU: SIS/TK 174, 2019. — 48 с.
5. В. В. Пырков, Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика [Текст] / В. В. Пырков. — К.: И ДП «Такі справи», 2010. — 360 с.
6. Л. М. Махов, Взаимное влияние регуливающей арматуры при автоматическом регулировании системы водяного отопления [Текст] / Л. М. Махов, С. М. Усиков // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы V конференции. — М.: МГСУ, 2013. — С. 119-125.
7. Л. М. Махов, Отопление: учебник для вузов [Текст] / Л. М. Махов. — М.: Издательство АСВ, 2014. — 400 с.
8. В. В. Пырков, Особенности расчёта систем отопления и охлаждения с регулирующими клапанами [Текст] / В. В. Пырков // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы конференции. — М.: МГСУ, 2005. — С. 102-107.
9. R. Petitjean, Balancing of radiator system [Текст] / R. Petitjean. — Sweden: Tour & Anderson AB, 2003. — 56 с.
10. Hans Roos. Hydraulik der Wasserheizung: wydanie 3 [Текст] / Hans Roos. Warszawa: PNT CIBET, 1997. — 281 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ В ХОДЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

О. Н. Шевченко, канд. техн. наук, доцент; Ю. А. Ташкинов, ассистент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В статье рассмотрен пример применения современных компьютерных технологий (Educational Data Mining) при прогнозировании образовательных результатов студентов инженерно-строительного вуза с точки зрения компетентностного подхода: построение многомерной таблицы (OLAP-кубов), создание динамических моделей (Real-Time Educational Data Mining), применение интеллектуальной аналитики. Построен профиль компетенций инженера-строителя на основании государственного образовательного стандарта. Собрана эмпирическая информация об успехах 102 студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» в ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Применение многомерной аналитики в табличном редакторе MS Excel позволило построить индивидуальные профили компетенций каждого будущего инженера-строителя, в том числе в графической форме представления (в виде спарклайнов). Использование динамического подхода позволило определить оптимальное время для создания прогноза для каждой индивидуальной компетенции.

Ключевые слова: Educational Data Mining; образовательные результаты; будущие инженеры-строители; OLAP-кубы; педагогическое прогнозирование.



Шевченко
Ольга Николаевна



Ташкинов
Юрий Андреевич

ВВЕДЕНИЕ

В интернет-пространстве можно найти ряд примеров ошибок инженеров-строителей, которые привели к печальным последствиям: в 1919 г. Бостон был затоплен патакой из-за ошибки в изготовлении резервуара; в 1940 г. рухнул Такомский мост; в 1980 г. обрушилась подвесная галерея отеля «Hyatt Regency», унеся жизни 114 человек; в 2006 г. произошла утечка в Большом Бостонском тоннеле Big Dig из-за выбора неправильного бетона при строительстве; в 2012 г. в Таганроге обрушился строящийся четырехэтажный дом, в результате чего пять человек погибло и тринадцать оказались под завалом. Есть множество других катастроф, произошедших по вине инженеров-строителей, но последняя трагедия имеет и другой аспект: в сети есть видео с изображением здания буквально за считанные часы до чрезвычайной ситуации (ЧС). Конечно, в профессиональном образовании студентов строительных направлений подготовки (СНП) вопрос не стоит так же остро, как в ходе их будущей инженерной деятельности. Но проще сразу устранить возникающие в ходе обучения проблемы, в реальном времени, а не по окончании сбора статистической информации, когда восполнять проблемы в знаниях или в необходимых профессиональных навыках, очень трудно. В педагогике нельзя полагаться на метод «проб и ошибок»: цена неверного решения может быть неисправимой.

Внедрение компьютерных технологий в образовательную систему является приоритетным направлением современной государственной политики. Накоплены большие массивы образовательной информации, поэтому проблему её обработки можно отнести к популярному в зарубежной литературе направлению исследований – Big Data (дословный перевод – «большие данные», общепринятого адаптивного перевода на данный момент нет). Одним из способов обработки таких образовательных данных выступает Educational Data Mining (EDM, «раскопка образовательной информации», или же интеллектуальная аналитика знаний) [6].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Такие отечественные ученые, как О. М. Бакунова, Т. И. Бугаева, М. Г. Коляда, Д. Х. Имаев, Е. Е. Котова, Р. В. Майер, В. В. Руанет и др., занимаются исследованиями

в применении технологии EDM для моделирования образовательных процессов. Среди зарубежных аналитиков мы упомянем следующих ученых: К. Бичер, Д. Бэрри, Р. С. Бэйкер [7], А. Датт [8], Ц. Ромеро [9] и др. Следует отметить, что данное направление исследований в иностранной научной литературе рассматривается уже более 20 лет, а вот в отечественных научных источниках является совершенно новым. Мы считаем, что отечественные вузы не должны отставать от мировых тенденций прогнозирования и аналитики, поэтому в рамках данной статьи покажем некоторые примеры применения компьютерных технологий в данном направлении исследований.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Применение динамических моделей (Real-Time EDM) и многомерных таблиц (OLAP-кубов) для прогнозирования образовательных результатов студентов инженерно-строительного вуза.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Есть множество подходов к трактовке термина «образовательные результаты будущего инженера-строителя». В частности, долгое время большинство преподавателей и работодателей оценивали успехи студентов только по среднему баллу диплома. Мы будем придерживаться общепринятого в современном педагогическом сообществе *компетентностного подхода*. В педагогическом словаре [2] говорится, что *компетенция* – требования к профессиональной подготовке, регламентирующиеся образовательными стандартами, безотносительные к личности студента; круг вопросов, в котором инженер-строитель обладает опытом; совокупность взаимосвязанных качеств личности, знаний, умений, навыков, необходимых для качественной продуктивной деятельности. *Компетентность* – владение специалистом компетенцией, обобщающее понятие знаний, мотивационной готовности, личностного опыта, способность к решению профессиональных задач, вид компетенции, обеспечивающей построение научно-обоснованных прогнозов в ходе деятельности на рабочем месте [3]. Компетенции выпускника вуза внесены в образовательные стандарты, а уровень требуемой компетентности работника регламентируется профессиональными стандартами.

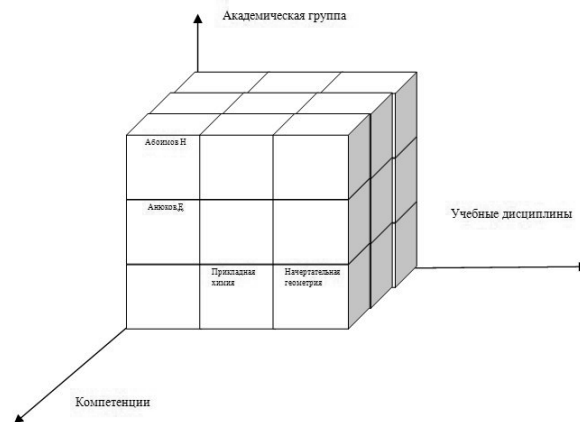


Рис. 1. OLAP-куб «Образовательные результаты будущих инженеров-строителей»

Для более эффективного представления информации воспользовались OLAP-кубом. OLAP (On-Line Analytical Processing) – технология оперативной аналитической обработки данных, использующая методы и средства для сбора, хранения и анализа многомерных данных в целях поддержки процессов принятия решений [4].

Основным инструментом выбрали редактор таблиц MS Excel (с рядом необходимых расширений и надстроек для анализа данных). В качестве измерения в созданном многомерном кубе выбрали следующие: «Академическая группа» (мера – список студентов), «Учебные дисциплины» (мера – оценка за экзамен, за прохождение практики, за курсовой проект либо отметка «зачтено»), «Компетенции» [4] (рис.1).

Составляя предварительный перечень показателей базовой модели, использовали предложенный Н. О. Васильевой [1] «профиль компетенций», представляющий собой гистограмму, показывающую, какую долю занимала каждая из компетенций инженеров-строителей, с целью создания концептуальной модели ОР, при составлении предварительного перечня показателей базовой модели. В качестве исходных данных взяли информацию о формируемых компетенциях инженеров-строителей в виде логического квадрата компетенций, фрагмент представлен в таблице 1.

В данной таблице обозначены компетенции, которые формируются в ходе изучения каждой из дисциплин. Весовой коэффициент развития компетенции рассчитывали по формуле [1]:

Таблица 1.

Фрагмент «Логического квадрата компетенций будущего инженера-строителя»

№	Дисциплина	ЗЕТ	УК-1	УК-2	УК-3	УК-4	УК-5	...	УК-7	УК-8	УК-9	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3
1	2	3	4	5	6	7	8	...	10	11	12	13	14	15
1	История	3		1				...						
2	Философия	3	1	1				...	1					
...
77	Экономика	3			1			...	1					

$$K_{\text{компетенции}} = \frac{\sum_{j=1}^{j=N} a_j \times V_j}{\sum_{j=1}^{j=N} a_j \times V_j}, \quad (1)$$

где – $K_{\text{компетенции}}$ – весовой коэффициент индивидуальной компетенции; a_j – количество дисциплин или практик; V_j – количество зачетных единиц по дисциплине или практике; N – число учебных дисциплин и практик, обеспечивающих единичную компетенцию; N – все учебные дисциплины и практики, включенные в основную профессиональную образовательную программу.

Нашли количество зачетных единиц, затрачиваемых студентом на освоение каждой из компетенций, фрагмент расчетов представлен на рис. 2.

Для расчета весовых коэффициентов нашли сумму по каждой строке и каждому столбцу. Фрагмент таблицы с результатами промежуточных расчетов представлен на рис. 3.

Собрали экспериментальную информацию об экзаменационных баллах 102 студентов, которые обучаются по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, фрагмент эмпирических данных представлен в таблице 2.

В таблице зачёты условно оценили 100 баллами по шкале ECTS, т.к. нет другой информации о реальных достижениях студентов в ходе обучения. Все фамилии студентов изменены с использованием автоматизированной системы генерации имён и фамилий, с целью сохранения персональных данных.

Для расчёта индивидуального профиля компетенций студента воспользуемся формулой:

VK9		fx = \$D9*W9								
A	B	C	D	W	X	Y	BK	BL	BM	
1	Семестр	Дисциплина	ЗЕТ	ПК-1	ПК-2	ПК-3	ПК-1	ПК-2	ПК-3	
3	1	Инженерная геодезия	4				0	0	0	
4	1	История	5	1	1	1	5	5	5	
5	1	История отрасли и введение в специальность	3				0	0	0	
6	1	Основы строительной отрасли	2				0	0	0	
7	1	Философия	3	1	1		3	3	0	
8	1	Химия	3	1	1	1	3	3	3	
9	1	Этика и эстетика	2				0	0	0	
11	2	Информатика	2	1	1		2	2	0	

Рис. 2. Фрагмент расчетов времени, затраченного студентами СНП на освоение единичных компетенций

CZ9		fx = BK9*BK\$79									
A	B	C	D	BK	BL	BM	CG	CZ	DA	DB	
1	Семестр	Дисциплина	ЗЕТ	ПК-1	ПК-2	ПК-3	сумма	ПК-1	ПК-2	ПК-3	
3	1	Инженерная геодезия	4	0	0	0	8	0,0000	0,0000	0,0000	
4	1	История	5	5	5	5	25	0,2381	0,2597	0,1623	
5	1	История отрасли и введение в специальность	3	0	0	0	9	0,0000	0,0000	0,0000	
6	1	Основы строительной отрасли	2	0	0	0	8	0,0000	0,0000	0,0000	
7	1	Философия	3	3	3	0	30	0,1429	0,1558	0,0000	
8	1	Химия	3	3	3	3	39	0,1429	0,1558	0,0974	
9	1	Этика и эстетика	2	0	0	0	8	0,0000	0,0000	0,0000	
11	2	Информатика	2	2	2	0	8	0,0952	0,1039	0,0000	

Рис. 3. Фрагмент расчета весовых коэффициентов единичных компетенций будущего инженера-строителя

Таблица 2.

Рейтинговые оценки студентов-строителей по ряду дисциплин (фрагмент)

№	ФИО	Инженерная гео-дезия	История	История отрасли	Философия	Химия	Этика и эстетика	Инженерная и компьютерная графика	Информатика	Межкультурные коммуникации	Механика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Абоимов Н.Ф.	65	75	75	76	78	100	75	75	74	75
2	Абросимов П.Н.	60	60	60	66	67	100	64	64	60	60
...
102	Авдошкин В.С.	74	75	75	75	85	100	74	74	90	70

$$C_{инд.} = \sum_{j=1}^{j=n} K_j \times E_j, \quad (2)$$

где $C_{инд.}$ – уровень развития индивидуальной компетенции студента из перечня: УК–1 - УК–9, ОПК–1 - ОПК–9, ПК–1 - ПК–22; K_j – весовой коэффициент индивидуальной компетенции; E_j – оценка студента за экзамен, зачёт или результат прохождения практики.

Объединив информацию, содержащуюся в табл. 2 и на рис. 3, с использованием формулы (2) получили индивидуальный профиль компетенций каждого студента строительного вуза, фрагмент представлен на рис. 4.

Полученная организованная база прогнозной информации позволила проверить динамику развития компетенций по семестрам (Прил. С, табл. С. 5),

AS6 fx =ИНДЕКС(\$D\$2:\$AQ\$2;ПОИСКПОЗ(AT6;D6:AQ6;0))

№	Группа	ФИО	УК-1	УК-8	УК-9	ОПК-5	ПК-12	ПК-13	ПК-14	ПК-15	ПК-21	ПК-22	Средн	Ведущая	Макс
1	2	2	3	10	11	16	32	33	34	35	41	42	43	44	
4	1	Абоимов Н.Ф.	90,9	90,3	75,2	94,4	83,9	72,1	68,2	93,0	81,9	74,5	77,4	ОПК-5	94,4
5	2	Абросимов П.Н.	86,2	90,3	70,4	88,5	80,7	71,6	65,4	88,1	78,5	73,8	73,1	УК-8	90,3
6	3	Абросимов Т.А.	90,9	91,2	89,6	96,7	93,6	73,0	73,8	98,9	84,0	74,2	82,4	ПК-15	98,9
7	4	Авдошкин В.С.	87,6	92,2	77,5	94,3	87,1	74,6	70,8	93,9	83,5	75,1	80,2	ОПК-5	94,3

Рис. 4. Фрагмент одного из срезов OLAP-куба «Профиль компетенций будущего инженера-строителя»

Таблица 3.

Динамика развития компетенций студентов-строителей

Семестр	2			3			4			5	
Результат	сред	макс	мин	сред	макс	мин	сред	макс	мин	сред	макс
Компетенции											
УК-1	14	16	12	14	16	12	14	16	12	41	44
УК-2	0	0	0	0	0	0	22	27	18	52	57
....
УК-4	0	0	0	58	76	48	58	76	48	58	76

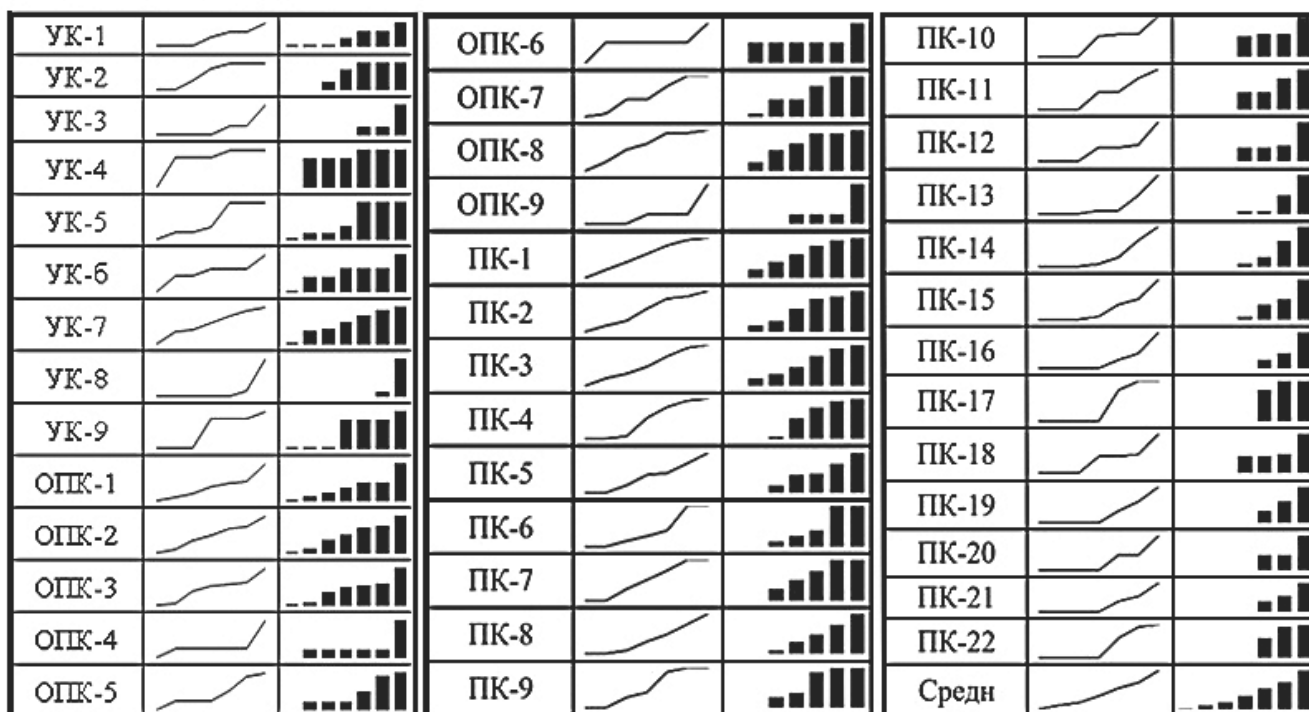


Рис. 5. Динамика образовательных результатов студента СНП, в виде спарклайнов

оценив сформированность каждой компетенции по шкале 0-100 баллов, вычислить минимальный, максимальный и средний баллы, фрагмент представлен в табл. 3, результат представили в виде рис. 5.

Видим, что нет линейного формирования образовательных результатов (кроме среднего значения компетентности). Из построенного профиля компетенций можем сделать вывод, что компетенции (универсальные в первую очередь) формируются на достаточном уровне (60% и выше) у сильных студентов не ранее конца второго курса.

ВЫВОДЫ

Полученный формат представления собранной эмпирической информации удобен, т.к. позволяет эффективно анализировать образовательные результаты. В частности, данный OLAP-куб позволил подобрать эффективное время для составления прогнозов при интеллектуальной обработке данных:

После зимней сессии на втором курсе обучения студентов можно проводить прогнозирование среднего уровня компетентности в строительной отрасли

и способности использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности (УК–4); способности работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (УК–6); владения основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОПК–5); способности осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК–6); знания нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК–1).

После летней сессии на втором курсе обучения студентов можно проводить прогнозирование способности анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (УК–2); способности к самоорганизации и самообразованию (УК–7); способности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК–1); способности выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК–2); владения основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей (ОПК–3); готовностью к работе в коллективе, способности осуществлять руководство коллективом, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества производственного подразделения (ОПК–7); умения использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК–8); владения методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования (ПК–2); способности проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК–3); способности проводить анализ технической и экономической эффективности работы производственного

подразделения и разрабатывать меры по ее повышению (ПК–7); способности вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способности осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности (ПК–9).

После зимней сессии третьего курса можно проводить прогнозирование способности использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (УК–1); способности к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранных языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (УК–5); способности использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций (УК–9); владения эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК–4); владения одним из иностранных языков на уровне профессионального общения и письменного перевода (ОПК–9); знания организационно-правовых основ управленческой и предпринимательской деятельности в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства, основ планирования работы персонала и фондов оплаты труда (ПК–10); владения методами осуществления инновационных идей, организации производства и эффективного руководства работой людей, подготовки документации для создания системы менеджмента качества производственного подразделения (ПК–11); способности разрабатывать оперативные планы работы первичных производственных подразделений, вести анализ затрат и результатов производственной деятельности, составление технической документации и установленной отчетности по утвержденным формам (ПК–12); знания научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности (ПК–13); владения методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владения методиками испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам (ПК–14); способности составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок (ПК–15); владения методами мониторинга и оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов и объектов жилищно-коммунального хозяйства, строительного и жилищно-коммунального оборудования (ПК–18); способности участвовать в проектировании

и изыскании объектов профессиональной деятельности (ПК–4); знания требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов (ПК–5); способности осуществлять и организовывать техническую эксплуатацию зданий, сооружений, объектов жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивать надежность, безопасность и эффективность их работы (ПК–6); владения технологией, организацией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, технического обслуживания, ремонтов, реконструкции и ликвидации зданий и сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования (ПК–8).

По окончании третьего курса можно проводить прогнозирование способности использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (УК–3); владения методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения (ПК–17); способности организовать профилактические осмотры, ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования, инженерных систем (ПК–19); способности осуществлять организацию и планирование технической эксплуатации зданий и сооружений, объектов жилищно-коммунального хозяйства с целью обеспечения надежности, экономичности и безопасности их функционирования (ПК–20); знания основ ценообразования и сметного нормирования в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, способности разрабатывать меры по повышению технической и экономической эффективности работы строительных организаций и организаций жилищно-коммунального хозяйства (ПК–21); способности к разработке мероприятий по повышению инвестиционной привлекательности объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ПК–22).

Только после зимней сессии на четвертом курсе можно проводить прогнозирование способности использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК–8); знания правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию и эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, объектов жилищно-коммунального хозяйства, правил приемки образцов продукции, выпускаемой предприятием (ПК–16).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСЛЕДУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В дальнейшем планируем составить систему уравнений, позволяющую вычислять образовательные результаты по имеющимся экзаменационным баллам, с использованием множественной регрессии, а также

проведём экспериментальную проверку найденного времени для создания прогнозов. Также данное исследование станет частью диссертационной работы «Прогнозирование образовательных результатов будущих инженеров-строителей средствами вычислительной педагогики».

Список литературы

1. Н. О. Васильева, Оценка образовательных результатов студентов на основе модели компетенций / Н. О. Васильева // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 6.
2. Г. М. Коджаспирова, Словарь по педагогике / Г. М. Коджаспирова, А. Ю. Коджаспиров. – М. : Издательский центр «МарТ», 2005. – 448 с.
3. С. А. Тарасова, Формирование профессиональной компетенции у студентов медицинского вуза (на примере изучения математических дисциплин): дисс. ... к. пед. н. (13.00.08) / С. А. Тарасова. – Курск, 2017. – 156 с.
4. Ю. А. Ташкинов, Моделирование образовательных результатов будущих инженеров-строителей с использованием технологии многомерной аналитики в MS Excel // *Научная сокровищница образования Донетчины*. – № 2. – 2019. – С. 33-38.
5. Ю. А. Ташкинов, Моделирование сформированности прогностической компетенции инженера-строителя с использованием интеллектуальных систем / Ю. А. Ташкинов // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. – Макеевка, ДОННАСА, 2019. – № 135. – С.59-63.
6. Ю. А. Ташкинов, Обзор возможностей Education Data Mining, как эффективного средства педагогического прогнозирования в профессиональном образовании / Ю. А. Ташкинов // *Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности*. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. – С. 317-319.
7. R. S. Baker Educational Data Mining and Learning Analytics / R. S. Baker, P. S. Inventado // *Learning Analytics*. – 2014. – pp. 61-75. – doi: 10.1007/978-1-4614-3305-7_4.
8. A. Dutt A Systematic Review on Educational Data Mining / A. Dutt, M. A. Ismail and T. Herawan. – vol. 5. – 2017. – pp. 15991-16005. – doi: 10.1109/ACCESS.2017.2654247.
9. C. Romero Handbook of Educational Data Mining / C. Romero, S. Ventura, M. Pechenizkiy, R. S. J. D. Baker. – New York: CRC Press, 2011. – 526p.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Планируемый к изданию 11-й номер научно-практического журнала «Строитель Донбасса» будет включать статьи и сообщения, в которых излагаются результаты исследований и разработок по направлениям:

СТРОИТЕЛЬСТВО

- теория расчета строительных конструкций;
- работа материала в составе конструкции, работа материала в условиях хрупкого разрушения, при циклических воздействиях и т.п.;
- проблемы формообразования и оптимальное проектирование зданий и сооружений;
- нагрузки и воздействия на конструкции, здания и сооружения;
- экспериментальные исследования строительных конструкций;
- изготовление строительных конструкций;
- теоретические основы надёжности конструкций зданий и сооружений;
- обеспечение и прогнозирование эксплуатационной надёжности уникальных сооружений;
- техническая диагностика и мониторинг конструкций зданий и сооружений;
- теория формирования и совершенствования строительных технологий;
- анализ технологических процессов при возведении, реконструкции, усилении, восстановлении строительных объектов;
- системы комплексных строительных технологий при возведении зданий, сооружений и инженерных сетей;
- организация и управление строительным производством при возведении, реконструкции, усилении, восстановлении строительных объектов;
- технология и организация эксплуатации зданий и сооружений промышленных предприятий и инженерных сетей;
- технология и организация ведения работ при демонтаже (разборке) зданий и сооружений;
- анализ эффективности применения основных строительных машин и механизмов при осуществлении строительно-монтажных, реконструктивных и демонтажных работ;
- строительные материалы.

ИНЖЕНЕРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- интенсификация процессов биологической очистки городских сточных вод;
- современные экологически безопасные технологии обработки осадка, инновационные подходы к разделению иловых смесей в биологических реакторах;
- повышение эффективности работы систем подачи и распределения воды;
- оптимизация режима работы теплогенерирующего оборудования систем теплоснабжения;
- использование низкопотенциальной теплоты в системах тепло- и холодоснабжения;
- энергосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования;
- обеспечение безопасности строительных объектов при возникновении ЧС техногенного характера;
- изучение методов предотвращения обрушения строительных объектов при катастрофах;
- повышение надёжности систем городского хозяйства;
- развитие транспортных систем населённых пунктов;
- комплексная реконструкция территорий промышленных предприятий региона
- электротехника и автоматизация в строительстве.

АРХИТЕКТУРА

- исследование проблем архитектуры, ее стилеобразования, эстетики и художественной выразительности;
- процессы формирования современной градостроительной среды объектов городской застройки;
- особенности развития садово-парковой и ландшафтной архитектуры в современных социально-экономических условиях;

- разработка основных положений и приоритетных подходов к сохранению и развитию архитектурно-исторической среды в рамках концепции устойчивого развития городских территорий;
- определение фундаментальных основ и приоритетных подходов развития и совершенствования жилищной архитектуры в условиях нового строительства и реконструкции;
- особенности формирования архитектурной среды жизнедеятельности и реабилитации маломобильных групп населения в городах промышленного типа;
- исследование региональных особенностей архитектуры зданий и сооружений и их комплексов, в том числе объектов историко-архитектурного культурного наследия;
- определение научных и практических направлений развития архитектурно-градостроительной реконструкции зданий и сооружений, городских территорий гражданского и промышленного назначения;
- прогнозные исследования в области архитектурной модернизации промышленных зданий и сооружений;
- теоретические и экспериментальные основы градостроительного использования нарушенных территорий в промышленных городах.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И НЕДВИЖИМОСТИ

- актуальные вопросы экономики строительства и жилищно-коммунального хозяйства;
- теоретические и прикладные аспекты управления проектами;
- новое в экспертизе и управлении недвижимостью;
- инвестиционные проблемы развития промышленного и гражданского строительства;
- цифровая экономика в строительстве: перспективы развития;
- кадровое обеспечение строительства и жилищно-коммунального хозяйства;
- отраслевые приоритеты научных исследований в области экономики и управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

- автотранспортное обеспечение строительного комплекса;
- совершенствование конструкции, рабочего процесса и технологии ремонта современных автотранспортных средств;
- эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;
- подъёмно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование;
- повышение комплексной безопасности технологического процесса при использовании наземных транспортно-технологических машин;
- физико-химическое материаловедение транспортно-технологических машин и оборудования;

Материалы просим направлять до 20 мая 2020 г. по адресу:

286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2,

ГОУ ВПО «ДОННАСА». Электронная почта: strdon@donnasa.ru

При подаче материалов придерживайтесь «Требований для авторов»

с целью обеспечения наиболее быстрой публикации ваших статей.

С уважением, редакционная коллегия



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

Система менеджмента качества Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (ДОННАСА) в области высшего профессионального образования и научных исследований соответствует стандартам ISO 9001.

Специальности "Промышленное и гражданское строительство", "Автомобильные дороги и аэродромы", "Городское строительство и хозяйство", "Архитектура зданий и сооружений" аккредитованы объединенной комиссией экспертов (Joint Board Moderators – JBM, Великобритания) в соответствии с требованиями SARTOR. Учебные программы по направлениям подготовки «Экономика предприятия» и «Менеджмент» сертифицированы International Education Society Ltd. (IES, Великобритания).

(ДОННАСА) – Член Ассоциации строительных факультетов Европейских стран (AECEF), член Ассоциации строительных вузов стран СНГ (АСВ), победитель Всеукраинского конкурса качества продукции "100 лучших товаров Украины-2004" в области предоставления образовательных услуг.

THE JOINT BOARD OF MODERATORS



ГОУ ВПО «ДОННАСА» ПРОВОДИТ НАБОР ГРУПП НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ:

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ:

- Оценочная деятельность (имущество, имущественные права, земля, экспертиза оценочной деятельности.);
- Проектно-сметная деятельность.



(071) 398-63-07; (071) 341-66-36





ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»



ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2



+38(0623) 43 -70 -33



mailbox@donnasa.org