ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 697.341

DOI: 10.22227/2305-5502.2018.1.10

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В СФЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

С.В. Бирюков

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

Предмет исследования: совершенствование подходов к проектированию систем теплоснабжения внедрением специализированного инструментария, включающего CAD и CAE программное обеспечение на ранних стадиях разработки. Рассмотрены причины различий качества реализуемых проектов районных тепловых сетей с учетом интеграции в программы подготовки специалистов новых подходов к расчету, проверке и оформлению результатов конструирования. Особое внимание уделено способу поддержания уровня профессиональной подготовки исполнителей проектной документации в сфере теплоснабжения.

Материалы и методы: основным методом исследования стало наблюдение за результатами проектирования районных тепловых сетей референтными группами исполнителей в группах с интегрированными новыми методами и в группах, применяющих традиционные подходы. Сравнивались как издержки реализации проекта от этапа технического задания до оформленной проектной документации, так и принятые проектные решения.

Результаты: продемонстрировано преимущество новых подходов к проектированию и расчетам конструкций сетей теплоснабжения.

Выводы: системы теплоснабжения являются одним из ключевых элементов общей инфраструктуры населенных мест. В ряде случаев системы теплоснабжения оказываются комплексом сооружений с рекордным уровнем инвестиций как на этапе проектирования и строительства, так и на этапе эксплуатации. Таким образом, совершенствование подходов к проектированию и расчету систем теплоснабжения может иметь важное значение в масштабах национальной экономики. В работе предложены подходы как к совершенствованию методов проектирования, так и к порядку подготовки и кадрового комплектования проектных организаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловые сети, теплоснабжение, потребление теплоты, проектирование, эксплуатация, подготовка кадров, кадровое комплектование, образовательные программы, расчетно-графические программные пакеты, CAD, CAE

Благодарности. Автор благодарит за ценные замечания и помощь в подготовке статьи директора Института инженерно-экологического строительства и механизации (ИИЭСМ НИУ МГСУ) к.т.н. Кирилла Игоревича Лушина, профессора кафедры теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ НИУ МГСУ) д.т.н. Павла Александровича Хаванова и рецензентов, которые дали свою оценку результатам исследования и идеям, изложенным в этой статье.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Бирюков С.В. Внедрение новых инструментов в сфере проектирования систем теплоснабжения на этапе подготовки кадров // Строительство: наука и образование. 2018. Т. 8. Вып. 1 (27). Ст. 10. Режим доступа: <http://nso-journal.ru>.

INTRODUCTION OF NEW TOOLS IN THE FIELD OF HEAT SUPPLY SYSTEMS DESIGN AT THE STAGE OF PERSONNEL TRAINING

S.V. Biryukov

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation*

Research subject: improvement of approaches to heat supply systems design by the introduction of the specialized range of tools including CAD and CAE software at the early stages of development. The reasons for the differences in quality of

the ongoing projects of district heating networks were considered taking into account the integration of new approaches to calculation, review, presentation of results of design engineering in expert training programs. Special attention is given to the method of maintaining the level of professional qualification of design documentation executors in the heat supply field. **Materials and methods:** the basic research method was the observation of the results of district heating networks design by the reference groups of executors in the groups with integrated new methods and groups applying traditional approaches. The costs of project implementation from the stage of design specification to the stage of project documentation execution as well as accepted design solutions were compared.

Results: the advantage of new approaches to the design and calculation of heat supply network structures was demonstrated. **Conclusions:** heat supply systems are one of the key elements of the common infrastructure of populated areas. In some instances, the heat supply systems appear to be a complex of facilities with a record level of investments at both the design and construction stage and the operational stage. Thus, the improvement of approaches to design and analysis of heat supply systems can be of great importance on a national economy scale. The article proposes approaches to the improvement of design methods as well as procedure of personnel training and recruitment in design organizations.

KEY WORDS: heating networks, heat supply, heat consumption, design, operation, personnel training, personnel recruitment, educational programs, computational and graphic software packages, CAD, CAE

Acknowledgements. The author expresses gratitude for the valuable comments and assistance in the preparation of the article to the director of the Institute of Environmental Engineering and Mechanization (Moscow State University of Civil Engineering), Kirill Igorevich Lushin, Candidate of Engineering Sciences; to the professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation (Moscow State University of Civil Engineering), Pavel Aleksandrovich Khavanov, Doctor of Engineering Sciences; and to reviewers, who assessed the results of research and ideas stated in this article.

FOR CITATION: Biryukov S.V. Vnedrenie novykh instrumentov v sfere proektirovaniya sistem teplosnabzheniya na etape podgotovki kadrov [Introduction of new tools in the field of heat supply systems design at the stage of personnel training]. Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie [Construction: Science and Education]. 2018, vol. 8, issue 1 (27), paper 10. Available at: <http://nso-journal.ru>. (In Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Системы теплоснабжения являются одним из ключевых элементов общей инфраструктуры населенных мест [1–3]. В ряде случаев системы теплоснабжения оказываются комплексом сооружений с по настоящему рекордным уровнем инвестиций как на этапе проектирования и строительства [4], так и на этапе эксплуатации. Есть мнение, что создание с нуля системы централизованного теплоснабжения или глубокая реконструкция [5] уже имеющих — это стратегическая задача, недоступная подавляющему большинству регионов даже с привлечением концессионного финансирования. Практически всегда единственным инструментарием создания или модернизации [6] теплоснабжения является привлечение средств федерального бюджета. Эту задачу для любого муниципального образования в любой части страны всегда приходится решать на национальном уровне [7, 8], с привлечением локальных или региональных операторов [9, 10]. При этом число регионов [11, 12], считающихся проблемными, в наши дни насчитывает не один десяток [13].

Таким образом, совершенствование подходов к проектированию и расчету систем теплоснабжения может иметь большое значение в масштабах национальной экономики. Проблема качества образования и подготовки профессиональных кадров в сфере коммунальных систем и теплоснабжения остается на фоне общей ситуации одной из самых важных. За прошедшие пять лет с момента публикации статьи [14] произошли минимальные каче-

ственные изменения в сфере подготовки выпускников вузов в области теплоснабжения. Благодаря простым тестовым специализированным заданиям удается обучить студентов базовым знаниям за короткий срок и подготовить работников для проектных институтов и монтажных фирм.

В настоящий момент к причинам, снижающим качественный уровень образования, можно добавить использование несовершенных учебных образовательных программ и нерациональное распределение часов по дисциплинам. Многие причины снижения качества образования во многих строительных вузах были частично устранены или видоизменены по мере развития материально-технической и кадровой базы вуза. В образовательной и технологической сфере в области теплоснабжения мало что изменилось за эти годы. Для поддержания высокого уровня знаний, а также их соответствия современным технологиям и оборудованию, необходимо строить процесс обучения с постоянным и оперативным контролем знаний, повторением пройденного материала. Использование лабораторий с современным оборудованием, выходы обучающихся на специализированные выставки и прохождение учебно-производственной практики в профильных организациях гарантированно даст минимальный уровень знаний после окончания вуза. Наилучшим образом на подготовку выпускников влияют: правильное сочетание лекционных, практических, лабораторных и специальных занятий. Но, учитывая современные реалии (перераспределение учебных часов между дисциплинами, изменения в учебных планах и программах), необ-

ходимо делать акцент на специальные дисциплины, при этом постоянно проверяя базовые знания. Без качественных базовых знаний сложно обучить специальным знаниям.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Централизация выработки тепловой энергии позволяет достичь целого ряда положительных эффектов операторов [9]: максимизация эффективности выработки тепловой энергии мощными источниками; эксплуатация крупных энергетических установок, работающих по наиболее эффективным термодинамическим циклам при совместной выработке электрической и тепловой энергии; положительный социальный эффект от повышения качества коммунального обслуживания; экологический и экономический эффект. Об этом много говорили и писали в разные годы профессор П.А. Хаванов [9], профессор В.И. Шарапов, профессор В.А. Жила. Последние десятилетия в нашей стране были также популярны идеи перехода к децентрализованному теплоснабжению, которое, снимая ряд трудностей, одновременно полностью бы исключило использование перечисленных преимуществ. Ведь еще на рубеже XIX–XX вв. переход от децентрализованных отопительных установок к теплофикации осуществлялся в поисках путей повышения энергетической эффективности теплоснабжения. По мнению профессора Шарапова, термодинамические преимущества комбинированной выработки электричества и теплоты абсолютны и не подвергаются сомнению, возможности существенного практического повышения эффективности топливоиспользования за счет теплофикации убедительно доказана как многолетней практикой советской энергетики, так и опытом западных стран.

За рубежом теплофикация получила распространение во второй половине прошлого века, когда с ее помощью был преодолен острый энергетический кризис 70-х гг. И надо признать, что произошло это далеко не во всех странах, а в наиболее остро ощутивших проблему стоимости тепловой энергии — это северные страны с высоким уровнем жизни. К середине 80-х гг. в ФРГ (по данным Е.Г. Гашо [11]) эксплуатировались около полутора сотен ТЭЦ с теплофикационными турбоустановками большой единичной мощности (до 400 МВт электрической мощности и 465 МВт тепловой мощности отопительных отборов). Тем не менее, в последние 20–25 лет все чаще приходится сталкиваться со сдержанным отношением к теплофикации. Такое отношение встречается не только в России, но и в странах Запада. Экономические предпосылки в России и на Западе у подобных взглядов общие, хотя характер проявления этих предпосылок и, самое главное, практические выводы из них у нас и за рубежом сильно отличаются. Тем не менее даже

самые стойкие скептики признают значимую роль централизованной выработки теплоты для нужд теплоснабжения и острую потребность в подготовке квалифицированных кадров как для проектирования и строительства, так и эксплуатации теплосетевых объектов. Вопросам методического обеспечения образования [15] и повышения квалификации [16] работников сферы теплоснабжения было посвящено множество работ с первой половины прошлого века и до наших дней. Несмотря на общий низкий уровень теоретического обоснования [3, 17] многих принимаемых в современных условиях проектных и технических решений, в стране сохранились коллективы, которые являются носителями не только знаний о передовых технологиях, но и владеют отработанными методами и приемами трансляции этих знаний в исполнительские коллективы. Значительное число наработок остались в распоряжении специалистов как результат их собственных, часто — инициативных [18–21], исследовательских проектов [22, 23].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для контроля, повторения и лучшего усвоения материала в области конструирования, эксплуатации систем теплоснабжения со студентами программ подготовки всех уровней или действующими работниками профильных предприятий наилучшим образом подходят занятия в компьютерном классе с использованием специализированных программных продуктов. Использование специализированных программ для расчета тепловых сетей и оборудования позволяет в короткие сроки освоить изложенный в лекционной форме материал, подготовить слушателя к выполнению реальных задач по проектированию и эксплуатации сетей и оборудования теплоснабжения [24].

Постоянно растет количество и функциональность программных продуктов для расчетов сетей теплоснабжения. Выбор той или иной программы должен соответствовать возложенным задачам.

Как ранее уже отмечалось [14], для начального обучения и решения простых задач подходят демо-версии известных программ, которые свободно распространяются на сайтах производителей-представителей этих расчетно-графических комплексов. Не стоит тратить деньги образовательной организации на покупку огромного числа лицензий, если базовое обучение можно провести и при помощи демонстрационных версий. Использование демо-версий в учебном процессе вузов никак не отражается на качестве обучения. Однако в целях соответствия требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и профессиональных стандартов, разработанных и предложенных Советами по профессиональным компетенциям (СПК) в области теплогазоснабжения и вентиляции,

все программное обеспечение должно быть включено в соответствующие реестры материально-технического обеспечения образовательного процесса. В этом случае уже не удастся избежать официальной передачи пусть даже и демонстрационных версий приложений от организации-правообладателя университету. Для этого, как правило, заключаются соглашения о сотрудничестве в области образования и науки, на основании которых лицензии актуальных версий программного обеспечения передаются на баланс образовательной организации. Для выполнения более сложных задач, например производственных или экспертных, конечно же, требуется полная версия программного продукта.

Несколько лет назад студенты кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) стали осваивать универсальные расчетно-графические комплексы Zulu и ГРАСТ. Комплекс Zulu позволяет выполнять расчеты многих инженерных систем. Комплекс ГРАСТ подходит только под задачи теплоснабжения. Для лучшего усвоения материала и понимания процессов студентам предлагается выполнять одинаковые задания в двух программах, затем они оценивают полученный результат. В ряде случаев удается также сравнить результаты проектирования как с использованием

специализированного программного обеспечения, так и без него, т.е. традиционными методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Многолетний опыт применения описанного подхода в учебном процессе показал, что в рамках специализированных курсов необходимо разбирать в первую очередь простейшие задачи по теплоснабжению, соблюдать принцип от простого к сложному. Тогда студенты лучше понимают процессы, происходящие в сетях и в ключевых точках системы. Компьютерная программа [23] позволяет быстро пересчитывать системы на разные климатические параметры, изменения нагрузки и варианты подключения потребителей. Это очень важно для моделирования различных ситуаций в сетях теплоснабжения. При освоении программ [24] по расчету тепловых сетей необходимо начинать с элементарного — один источник и один потребитель. На примере этого задания можно прочувствовать влияние изменения любого параметра на систему (рис. 1).

Аналогичная задача может быть решена и в других подобных программах. Обязательно нужно давать студенту возможность выполнять задание в разных программах. Это существенно расширяет кругозор, повышает качество обучения, и получен-

Интерфейс программы Zulu 7.0 и расчет элементарной схемы теплоснабжения (один источник — один потребитель)

ные знания могут быть использованы для совершенствования программ. По мере обучения задания усложняются.

К примеру, можно рассчитать сеть с одним источником и тремя потребителями, причем выполнить расчеты с использованием различных схем подключения потребителей к тепловой сети, по нескольким видам расчетов и разным тепловым нагрузкам. Когда студент освоит программу и самостоятельно сможет устранять ошибки при задании исходных данных, то можно переходить итоговому контрольному занятию. На итоговом занятии преподаватель выдает задания по вариантам планировки кварталов, климатологии и нагрузкам. Привязку к вариантам заданий можно осуществлять по списочному номеру, номеру компьютера и т.д. Далее студент самостоятельно принимает решение по выбору схемы подключения потребителей и варианту трассировки сетей, после чего проводит все необходимые расчеты. Рассмотрим примеры использования компьютерных программ для систем теплоснабжения по мере усложнения заданий (табл.).

Многолетние наблюдения, сведенные в единую форму и проанализированные по отношению к числу обучающихся, прошедших соответствующий курс, дают следующие результаты: до 30 % обучающихся после стандартного вводного инструктажа по использованию ПО по собственной инициативе в дальнейшем применяют полученные знания и навыки по использованию программы при конструировании, расчетах и проектировании; в среднем, время реализации проекта с использованием специализированного ПО сокращается на 35...40 % по сравнению со временем, затрачиваемым при традиционном подходе. Снижение числа технических ошибок при использовании специализированного программного обеспечения для проектирования в целом фиксируется, однако прирост качества проектов, выраженный в снижении числа ошибок, до настоящего времени установить не удалось. Автор работает над разработкой и внедрением соответствующих метрик.

ВЫВОДЫ

Единые комплексные системы генерации и транспортировки теплоты для коммунальных и технологических нужд являются одним из клю-

чевых элементов общей инфраструктуры населенных мест. В ряде случаев, системы теплоснабжения оказываются комплексом сооружений с рекордным уровнем инвестиций как на этапе проектирования и строительства, так и на этапе эксплуатации. При этом системы теплоснабжения являются жизнеобеспечивающими с критическим уровнем требований к обеспечению надежности.

Таким образом, совершенствование подходов к проектированию и расчету систем теплоснабжения имеет важное значение как в масштабах национальной экономики, так и в вопросах национальной безопасности. Инструментом обеспечения качества работ при проектировании становится кадровое комплектование предприятий не просто специалистами с профильным базовым образованием, но работниками, прошедшими соответствующую подготовку или в рамках основных образовательных программ, или дополнительно, в рамках программ профессиональной переподготовки или повышения квалификации. При этом настоятельно рекомендуется включать в учебные планы таких программ увеличенное количество практических занятий и компьютерных практикумов, где обучающийся закрепит результат, полученный традиционным расчетом проверкой в специализированной программе, а лучше — если в двух-трех приложениях от разных разработчиков, что позволит еще и лучше ориентироваться в вариантах интерфейса.

Очевидно, что на раннем этапе обучения невозможно прогнозировать варианты последующего трудоустройства будущих специалистов, а ведь в различных организациях могут быть внедрены часто существенно различающиеся между собой специализированные программы. После реализации описанных выше занятий на специализированных курсах с использованием специализированных программных продуктов обучающиеся существенно повышают свой уровень знаний и лучше усваивают пройденный материал, свободно ориентируются в настройках и интерфейсах программ, знают, где программы дают не оптимальный результат. Использование нескольких программных однотипных продуктов с разными расчетными алгоритмами повышает качество подготовки кадров и в дальнейшем способствует снижению числа ошибок в проектах и расчетах.

Примеры заданий по теплоснабжению по мере усложнения

Номер задания	Количество источников	Количество потребителей	Схемы подключения потребителей	Рельеф
1	1	1	Зависимая, без ГВ	Отсутствует
2	1	1	Зависимая, открытая	Отсутствует
3	1	1	Зависимая, открытая	Присутствует
4	1	3	Разные схемы подключения	Присутствует
5	1	5	Разные схемы подключения	Присутствует

ЛИТЕРАТУРА

1. Лушин К.И. Единая технологическая система здания и актуальные задачи подготовки строительных кадров // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 5–6.
2. Khavanov P.A., Chulenyov A.S. The dependence of the efficiency of the condensing boiler by use and climatic zone // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12. No. 3. Pp. 3019–3026.
3. Samarin O., Lushin K., Paulauskaite S., Valančius K. Influence of the outside climate parameters on the selection of the optimum combination of the energy saving measures. // Technological and Economic Development of Economy. 2009. Vol. 15. No. 3. Pp. 480–489.
4. Гапо Е.Г., Репецкая Е.В. От стратегий и программ к реальному энергосбережению (опыт региональных проектов) // Энергетическая политика. 2011. № 1. С. 15–25.
5. Гапо Е.Г., Козлов С.А., Кожевников В.П. О некоторых способах повышения эффективности теплоснабжения: регулирование или автономное отопление? // Новости теплоснабжения. 2007. № 2. С. 17.
6. Gagarin V.G., Lushin K.I., Kozlov V.V., Neklyudov A.Yu. Path of optimized engineering of HVAC systems // Procedia Engineering Ser. “8th International Cold Climate HVAC 2015 Conference”, “CCHVAC 2015”. 2016. С. 103–111.
7. Самарин О.Д., Лушин К.И. О распределении энергозатрат жилых зданий и исследовании температурного графика в их системах теплоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 1. С. 56–59.
8. Самарин О.Д., Лушин К.И. Об энергетическом балансе жилых зданий // Новости теплоснабжения. 2007. № 8. С. 44–46.
9. Хаванов П.А. Развитие, перспективы и состояние децентрализованных систем теплоснабжения в РФ // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 219–226.
10. Самарин О.Д., Лушин К.И. Энергетический баланс жилых зданий и его экспериментальные исследования // Вестник МГСУ. 2009. № S2. С. 423–431.
11. Гапо Е.Г., Михайлов О.Ю. Информационно-методические и правовые проблемы повышения эффективности теплоснабжения в регионах // Новости теплоснабжения. 2002. № 8.
12. Гапо Е.Г., Репецкая Е.В., Бандурист В.Н. Формирование региональных программ энергосбережения // Энергосбережение. 2010. № 8. С. 1–14.
13. Лушин К.И. анализ тенденций изменения эффективности использования источников тепловой энергии для теплоснабжения объектов ЖКХ в регионах Центрального федерального округа Российской Федерации // Естественные и технические науки. 2014. № 9–10 (77). С. 394–396.
14. Бирюков С.В. Повышение качества образования в сфере теплогазоснабжения при помощи компьютерных расчетно-графических программ // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 160–162.
15. Лушин К.И. Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 3 (123). С. 102.
16. Самарин О.Д., Лушин К.И. Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 3.
17. Samarin O., Lushin K., Paulauskaite S. Energy savings efficiency in public buildings under market conditions in Russia // Technological and Economic Development of Economy. 2007. Vol. 13. No. 1. Pp. 67–72.
18. Рымаров А.Г., Лушин К.И. Тепловой режим теплоизолированного трубопровода системы холодного водоснабжения // Строительство: наука и образование. 2012. № 1. Ст. 7.
19. Рымаров А.Г., Лушин К.И. Исследование микроклимата подземных сооружений // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2010. № 8 (104). С. 82–84.
20. Самарин О.Д., Лушин К.И. Учет неравномерности водопотребления на горячее водоснабжение при оценке режима работы водоподогревателей // Энергосбережение и водоподготовка. 2017. № 2 (106). С. 38–41.
21. Lushin K., Plyushchenko N., Ananyev A. Field study method for indoor air of linear underground facilities // MATEC Web of Conferences 5. “5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education"”, “IPICSE 2016” 2016. С. 04039.
22. Хаванов П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения. // АВОВ: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2002. № 1.
23. Справка по программе ZULU 7.0. СПб. : Политехм, 2016.
24. Хаванов П.А., Соловьева Е.Б. Зависимость эффективности автономного теплогенератора от режима работы // Естественные и технические науки. 2013. № 6 (68). С. 491–492.
25. Трефилов А.В. Обзор и сравнительный анализ программных комплексов расчета систем теплоснабжения // Электронный научный журнал «Apriori. Серия: естественные и технические науки». 2016. № 6. Режим доступа: <http://apriori-journal.ru/journal-estestvennye-nauki/id/1017>.

Поступила в редакцию 27 октября 2017 г.

Принята в доработанном виде 10 ноября 2017 г.

Одобрена для публикации 25 декабря 2017 г.

ОБ АВТОРЕ: **Бирюков Сергей Владимирович** — кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, BiryukovSV@mgsu.ru.

INTRODUCTION

Heat supply systems are one of the key elements of the common infrastructure of populated areas [1–3]. In some instances, the heat supply systems appear to be a complex of facilities with a truly record level of investments at both the design and construction stage [4] and the operational stage. It is believed that the creation of the district heat supply system from scratch or the comprehensive modernization [5] of the existing systems is the strategic challenge, impracticable for the large majority of regions even with the involvement of concessionary financing. Attraction of federal budget resources is nearly always the only tool of creation or modernization [6] of heat supply. This issue for any municipal formation in any part of the country is always addressed on the national level [7, 8] with the involvement of local or regional operators [9, 10]. Besides, the number of regions [11, 12], which are considered problematic, amounts to more than a dozen [13] nowadays.

Thus, the improvement of approaches to design and calculation of heat supply systems can be of great importance on a national economy scale. The issue of quality of education and training of professional personnel in the field of utility and heat supply systems remains one of the most significant against the background of the overall situation. In the past five years from the moment of article publication [14] the minimal qualitative changes in the sphere of training of graduates in the heat supply field took place. Due to the simple test specialized assignments it is possible to give to students the basic knowledge in the shortest period and to train the personnel for design institutes and mounting companies.

At the moment the reasons for the reduction in the quality of education may also include the use of imperfect educational programs and inefficient distribution of hours on subjects. Many reasons for the deterioration in the quality of education in the majority of construction universities were partially eliminated or altered with the development of the facilities and professional resources of universities. The educational and technology sphere of the heat supply field has seen few changes over these years. To maintain a high level of knowledge and its compliance with modern technologies and equipment, it is necessary to organize the training process with the continuous and compulsory monitoring of knowledge and the revision of material covered. The usage of

a laboratory with the modern equipment, students' visits to specialized exhibitions and undertaking the field practical training at specialized organizations ensures the minimal level of knowledge after the graduation. The correct combination of lectures, practical, laboratory and specialized classes influences the training of graduates in the best way. However, taking into consideration the actual circumstances (redistribution of academic hours among the subjects, alterations in the curricula and educational programs), it is necessary to focus on specialized subjects with the examination of the basic knowledge. It is difficult to give expert knowledge without high-quality basic knowledge.

LITERATURE REVIEW

Centralization of heat energy generation helps to achieve a number of positive effects of operators [9]: maximization of efficiency of heat energy generation by high-energy sources; operation of large power producing plants, functioning according to the most efficient thermodynamic cycles with the co-generation of electricity and heat; positive social effect from the increase of quality of the public utility services; ecologic and economic benefit. The above was the subject of works by professor P.A. Khavanov [9], professor V.I. Sharapov, professor V.A. Zhila. In the last decades the ideas of transition to decentralized heat supply were popular in our country, however, this type of heat supply by eliminating a number of difficulties would simultaneously exclude the usage of the listed advantages. As a matter of fact, on the cusp of the 19th and 20th centuries the transition from decentralized heating plants to the introduction of central heating system was implemented while searching for ways to increase the energy efficiency of the heat supply. According to professor Sharapov, thermodynamic advantages of the combined generation of electricity and heat are absolute and out of question, the feasibility of significant practical increase of the efficiency of fuel utilization by means of introduction of central heating is proved demonstratively by the long-term practice of the Soviet energetics and the experience of Western countries.

In foreign countries the introduction of central heating got widespread in the second half of the past century when with its aid the critical energy crisis of the 70-ies was won through. It should be admitted that it

happened not in all countries, but only in those that experienced the most intense issue of the heat energy cost – the northern countries with high living standards. By the middle of the 80-ies in FRG (according to the data of Ye.G. Gasho [11]) about one hundred and fifty central heating and power plants with cogeneration turbine plants of considerable unit capacity (up to 400 MW of electric power and 465 MW of heat power of heating appliances) were operating. However, in the last 20–25 years we are increasingly faced with the restrained attitude to the introduction of central heating. Such attitude is encountered not only in Russia but also in Western countries. These views in Russia and the West have the common economic rationale, although the nature of the manifestation of this rationale and, what is more important, our and their practical conclusions from this differ significantly. However, even the firmest non-believers acknowledge the crucial role of the centralized heat generation for the heat supply needs and the critical need for the training of qualified personnel for the design and construction as well as the operation of heat network facilities. The issues of methodological support of education [15] and the advanced training [16] of the employees of the heat supply field were addressed in a large number of works from the first half of the last century and up to present days. Despite the overall low level of theoretical justification [3, 17] of many design and engineering solutions adopted in the current conditions, in the country there are groups that not only hold the knowledge of advanced technologies, but also have a command of tested methods and techniques of translation of this knowledge to the groups of executors. A considerable number of practices remain at the disposal of experts as a result their own, frequently independent [18–21] research projects [22, 23].

MATERIALS AND METHODS

For the purpose of monitoring, review and better acquisition of the material in the field of construction and operation of the heat supply system with the students of training programs of all levels or working employees of the specialized enterprises, the best method is to conduct classes in the computer room with the use of specialized software. The usage of specialized software for the calculation of heating networks and equipment provides an opportunity in the shortest period to acquire the material presented in the form of lectures, prepare the trainees to perform the real-life problems of design and operation of heat supply networks and equipment [24].

The quantity and functionality of software for the calculation of heat supply networks is growing constantly. The choice of a particular software should correspond to the task imposed.

As previously noted [14], for the initial education and the solution of simple tasks demo versions of the well-known software are suitable, such versions are freely distributed on sites of producers-representatives

of these computational and graphic complexes. It is not worth spending money of the educational organization on the purchase of a large number of licenses, if the basic training can be conducted with the use of demo versions. The use of demo versions in the training process in the universities doesn't have any impact on the quality of education. Still for the purpose of complying with the requirements of the Federal State Educational Standards and occupational standards, developed and recommended by the Expertise Councils in the field of heat and gas supply and ventilation, all software should be included in the relevant material support registers of the training process. In this case the official transfer of at least demo versions of applications from the organization-right holder to the university can't be evaded. Generally, for this purpose agreements on cooperation in the area of education and science are concluded pursuant to which licenses of recent versions of software are included on books and records of the educational organization. For the performance of more complicated tasks, for example, production or expert tasks, the full version of the software is required.

A few years ago students of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation of Moscow State National Research University of Civil Engineering began to master universal analytic and graphic complexes such as Zulu и GRAFT. Zulu complex makes it possible to perform calculations of many utility systems. GRAFT complex is suitable for the tasks of heat supply only. For the better mastering of the material and understanding of processes the students are proposed to perform the same task in two programs, then they estimate the obtained result. In some instances, it is also possible to compare various results of the design implementing specialized design software and the design with the use of traditional methods.

RESULTS OF RESEARCH

Long-term experience of the application of described approach in the training process demonstrated that within the scope of specialized courses in the first place it is necessary to analyze the simplest tasks of heat supply, adhere to "simple-to-complex" rule. Then the students understand better the processes happening in networks and key points of the system. A computer program [23] makes it possible to rapidly recalculate the systems to different climatic variables, load variations and options of connection of consumers. It is very important for the simulation of various scenarios in heat supply networks. In the process of mastering the software [24] on the calculation of heating networks, it is necessary to begin with fundamentals: one source and one consumer. Through the example of this task it is possible to experience the influence of the alteration of any parameter on the system (Figure).

The similar task can be solved in other analogous programs. It is indispensable to provide the student with

the opportunity to perform the task in various programs. It substantially broadens the outlook, improves the quality of training, and the resulting knowledge may be used for the advancement of programs. In the process of training the tasks become more complicated.

For example, it is possible to calculate the network with one source and three consumers, moreover, to perform the calculations with the use of various schemes of connection of consumers to the heating network on the basis of several types of calculations and various heat loads. When the student becomes familiar with the program and will be able to correct the errors independently with the assignment of basic data, it is possible to proceed to the final test. During the final test the teacher distributes assignments concerning the variants of blocks planning, climatology and loads. Association to the variants of assignments can be done according to

the listed number, number of the computer, etc. Then the student independently decides on the choice of the scheme of connection of consumers and the option of network tracing, thereafter performs all necessary calculations. Let us consider the examples of usage of software for the heat supply systems with the gradual complication of tasks (Table).

Long-term observations, summarized in the single form and analyzed with regard to the number of students, which completed the corresponding course, provide the following results: up to 30 % of students after the standard introductory briefing concerning the use of software on their own initiative apply the obtained knowledge and skills related to the use of software while constructing, calculating and designing afterwards; on the average the time of project implementation with the use of specialized software decreases by

Zulu 7.0 software interface and the calculation of the elementary scheme of heat supply (one source — one consumer)

Examples of tasks on heat supply with the gradual complication

Number of task	Number of sources	Number of consumers	Schemes of connection of consumers	Relief
1	1	1	Dependent, without hot water supply	No
2	1	1	Dependent, open	No
3	1	1	Dependent, open	Yes
4	1	3	Various connection schemes	Yes
5	1	5	Various con-nection schemes	Yes

35...40 % compared to the time spent with the application of the traditional approach. The reduction of the number of the technical errors while using the specialized software for the design is recorded in total, however, the increment of project quality, expressed in the form of reduction of the number of errors, hasn't been determined up till now. The author works on the development and the introduction of corresponding metrics.

CONCLUSIONS

Unified integrated systems of heat generation and transportation for the utility and process needs are one of the key elements of the common infrastructure of populated areas. In some instances, the heat supply systems appear to be a complex of facilities with a record level of investments at both the design and construction stage and the operational stage. Simultaneously the heat supply systems are life-supporting with a critical level of requirements to ensuring reliability.

Thus, the improvement of approaches to design and calculation of heat supply systems can be of great importance on a national economy scale as well as for the issues of national security. The tool for the work quality assurance in the design process is to recruit to enterprises not only experts with field-specific basic education, but

also personnel, who underwent the corresponding training or within the basic training programs, or additionally, within the scope of occupational retraining or advanced training programs. It is highly recommended to include in the curriculum of such programs the increased number of practical lessons and computer workshops, where the student will fix the result, obtained with the use of traditional calculation, by the review in the specialized program, and, what is better, in two or three applications from various developers that would make it possible to get acquainted with interface options better.

It is obvious that it is impossible to predict the scenarios of further employment of future experts at the early stage of training, nevertheless, various organizations can introduce specialized programs that often differ from each other considerably. After the implementation of the classes described above at specialized courses with the use of the specialized software, the students significantly improve their knowledge and have a better command of the material covered, are familiar with settings and interfaces of the software, and know at what points the software gives not optimal result. The usage of several same-type programs with various computational algorithms improves the quality of personnel training and in future will contribute to the reduction of the number of errors in projects and calculations.

REFERENCES

1. Lushin K.I. Edinaya tekhnologicheskaya sistema zdaniya i aktual'nye zadachi podgotovki stroitel'nykh kadrov [Unified technological system of the building and the actual tasks of training construction personnel]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 3, pp. 5–6. (In Russian)
2. Khavanov P.A., Chulenyov A.S. The dependence of the efficiency of the condensing boiler by use and climatic zone. *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2015. vol. 12, no. 3, pp. 3019–3026.
3. Samarin O., Lushin K., Paulauskaite S., Valančius K. Influence of the outside climate parameters on the selection of the optimum combination of the energy saving measures. *Technological and Economic Development of Economy*. 2009, vol. 15, no. 3, pp. 480–489.
4. Gasho E.G., Repetskaya E.V. Ot strategiy i programm k real'nomu energosberezheniyu (opyt regional'nykh projektov) [From strategies and programs to real energy conservation (experience of regional projects)]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy]. 2011, no. 1, pp. 15–25. (In Russian)
5. Gasho E.G., Kozlov S.A., Kozhevnikov V.P. O nekotorykh sposobakh povysheniya effektivnosti teplosnabzheniya: regulirovanie ili avtonomnoe otoplenie? [On some ways to improve the efficiency of heat supply: regulation or autonomous heating?]. *Novosti teplosnabzheniya* [News of Heat Supply]. 2007, no. 2, pp. 17. (In Russian)
6. Gagarin V.G., Lushin K.I., Kozlov V.V., Neklyudov A.Yu. Path of optimized engineering of HVAC systems. *Procedia Engineering Ser. "8th International Cold Climate HVAC 2015 Conference, CCHVAC 2015"*. 2016, pp. 103–111.
7. Samarin O.D., Lushin K.I. O raspredelenii energozatrat zhilykh zdaniy i issledovanii temperaturного grafika v ikh sistemakh teplosnabzheniya [On the distribution of energy consumption of residential buildings and the study of the temperature schedule in their heat supply systems]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka* [Energy Saving and Water Treatment]. 2008, no. 1, pp. 56–59. (In Russian)
8. Samarin O.D., Lushin K.I. Ob energeticheskom balanse zhilykh zdaniy [On the energy balance of residential buildings]. *Novosti teplosnabzheniya* [News of Heat Supply]. 2007, no. 8, pp. 44–46. (In Russian)
9. Khavanov P.A. Razvitie, perspektivy i sostoyaniye detsentralizovannykh sistem teplosnabzheniya v RF [Development, prospects and condition of decentralized heat supply systems in the Russian Federation]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 11, pp. 219–226. (In Russian)
10. Samarin O.D., Lushin K.I. Energeticheskiy balans zhilykh zdaniy i ego eksperimental'nye issledovaniya [Energy balance of residential buildings and its experimental research]. *Vestnik MGSU* [Proceedings

of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2009, no. S2, pp. 423–431. (In Russian)

11. Gasho E.G., Mikhaylov O.Yu. Informatsionno-metodicheskie i pravovye problemy povysheniya effektivnosti teplosnabzheniya v regionakh [Informational, methodical and legal problems of increasing the efficiency of heat supply in the regions]. *Novosti teplosnabzheniya* [News of Heat Supply]. 2002, no. 8. (In Russian)

12. Gasho E.G., Repetskaya E.V., Bandurist V.N. Formirovanie regional'nykh programm energosberezheniya [Formation of regional programs of energy saving]. *Energosberezhenie* [Energy Saving]. 2010, no. 8, pp. 1–14. (In Russian)

13. Lushin K.I. analiz tendentsiy izmeneniya effektivnosti ispol'zovaniya istochnikov teplovoy energii dlya teplosnabzheniya ob"ektov ZhKKh v regionakh Tsentral'nogo federal'nogo okruga Rossiyskoy Federatsii [Analysis of trends in the change in the efficiency of the use of heat energy sources for the heat supply of housing and communal services in the regions of the Central Federal District of the Russian Federation]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences]. 2014, no. 9–10 (77), pp. 394–396. (In Russian)

14. Biryukov S.V. Povyshenie kachestva obrazovaniya v sfere teplogazosnabzheniya pri pomoshchi komp'yuternykh raschetno-graficheskikh programm [Improvement of the quality of education in the field of heat and gas supply with the help of computer calculation and graphic programs]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Volga Region Bulletin]. 2013, no. 6, pp. 160–162. (In Russian)

15. Lushin K.I. Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii [Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation]. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie* [Sanitary Engineering, Heating, Air Conditioning]. 2012, no. 3 (123), pp. 102. (In Russian)

16. Samarin O.D., Lushin K.I. Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii [Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Magazine of Civil Engineering]. 2011, no. 8, pp. 3. (In Russian)

17. Samarin O., Lushin K., Paulauskaite S. Energy savings efficiency in public buildings under market conditions in Russia. *Technological and Economic Development of Economy*. 2007, vol. 13, no. 1, pp. 67–72.

18. Rymarov A.G., Lushin K.I. Teplovoy rezhim teploizolirovannogo truboprovoda sistemy kholodnogo

vodosnabzheniya [Thermal regime of a heat-insulated pipeline of a cold water supply system]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2012, no. 1, pp. 7. (In Russian)

19. Rymarov A.G., Lushin K.I. Issledovanie mikroklimata podzemnykh sooruzheniy [Investigation of the microclimate of underground structures]. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie* [Sanitary Engineering, Heating, Air Conditioning]. 2010, no. 8 (104), pp. 82–84. (In Russian)

20. Samarin O.D., Lushin K.I. Uchet neravnomernosti vodopotrebleniya na goryachee vodosnabzhenie pri otsenke rezhima raboty vodopodogrevateley [Accounting for the unevenness of water consumption for hot water supply when assessing the operating mode of water heaters]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka* [Energy Saving]. 2017, no. 2 (106), pp. 38–41. (In Russian)

21. Lushin K., Plyushchenko N., Ananyev A. Field study method for indoor air of linear underground facilities. *MATEC Web of Conferences 5. Ser. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", "IPICSE 2016"*. 2016, pp. 04039.

22. Khavanov P.A. Istochniki teploty avtonomnykh sistem teplosnabzheniya [Sources of heat of autonomous heat supply systems]. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika* [AVOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermal physics]. 2002, no. 1. (In Russian)

23. *Spravka po programme ZULU 7.0* [Help on the ZULU 7.0 program]. Saint Petersburg, Politerm Publ., 2016. (In Russian)

24. Khavanov P.A., Solov'eva E.B. Zavisimost' effektivnosti avtonomnogo teplogeneratora ot rezhima raboty [Dependence of the efficiency of an autonomous heat generator on the operating mode]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences]. 2013, no. 6 (68), pp. 491–492. (In Russian)

25. Trefilov A.V. Obzor i sravnitel'nyy analiz programmnykh kompleksov rascheta sistem teplosnabzheniya [Heat supply systems software review and comparative analysis]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Apriori. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki»* [Electronic scientific journal "Apriori. Series: natural and technical sciences"]. 2016, no. 6. Available at: <http://apriori-journal.ru/journal-estesvennie-nauki/id/1017>. (In Russian)

Received October 27, 2017.

Adopted in final form on November 10, 2017.

Approved for publication on December 25, 2017.

ABOUT THE AUTHOR: **Biryukov Sergey Vladimirovich** — Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Heating and Ventilation Department, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, BiryukovSV@mgsu.ru.