

УДК 697.1

РАСЧЕТ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДБОРА ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА

Царёва О.С., Андреев А.И.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д.29
E-mail: tsareva_os@spbstu.ru

Аннотация. При проектировании систем отопления в частных домах подбор оборудования играет ключевую роль. Использование программного обеспечения увеличивает скорость, повышает эффективность проектирования и экономит средства потребителей.

Предмет исследования. Подбор насосного оборудования с помощью ПО Valtec.PRГ для системы теплого пола в частном одноэтажном доме.

Материалы и методы. При расчете используются унифицированные ограждающие конструкции и наиболее популярное интерьерное решение – окна «в пол» в жилых помещениях. Для расчета был выбран проект одноэтажного частного жилого дома в городе Санкт-Петербург с размерами в осях 13,2мх13,2м. При расчете рассмотрено 3 участка системы напольного отопления. Чтобы определить потери напора на самом нагруженном контуре, необходимо просуммировать потери на участках 1 – 2 – 3, при этом за участок 2 необходимо взять контур с наибольшими потерями напора. Самым нагруженным контуром в данной системе является контур №6 в помещении «Холл». При выборе циркуляционного насоса для системы напольного отопления определяли и две гидравлические характеристики: суммарный расход на всех участках сети и потери напора на самом нагруженном контуре напольного отопления.

Результаты: Проведен расчет системы напольного отопления и подобран циркуляционный насос для частного одноэтажного дома в г. Санкт-Петербург согласно полученным значениям суммарного расхода на всех участках сети и потери напора на самом нагруженном контуре напольного отопления системы.

Выводы. Правильный подбор насоса обеспечивает равномерный тепловой поток и бесперебойную работу системы.

Ключевые слова: водяной теплый пол, индивидуальное жилищное строительство, гидравлический расчет, циркуляционный насос, потери напора, расход.

ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация в строительстве в наше время достигается за счет применения технологий информационного моделирования. Внедрение программного обеспечения (ПО) в проектирование инженерных систем играет ключевую роль в современной инженерной практике. Это позволяет увеличить эффективность проектирования, сократить время на разработку проектов, повысить точность расчетов и улучшить качество конечного продукта.

Одним из основных направлений внедрения ПО в проектирование инженерных систем является использование специализированных программ для расчета теплотехнических характеристик зданий, гидравлических расчетов систем водоснабжения и отопления, электрических сетей и т.д.

Данные технологии применяются не только при проектировании многоэтажных жилых и промышленных зданий, но и в случае индивидуального жилищного строительства (ИЖС).

Рынок ИЖС в России демонстрирует стремительный рост. В 2021-2022 годах более половины нового жилья в стране было построено в рамках ИЖС. Согласно последним исследованиям, две трети из 61,8 миллионов семей предпочитают проживать в частных домах, что составляет более 40 миллионов частных домовладений. Эта статистика указывает на значительный потенциал рынка ИЖС

в России и высокий спрос на качественные инженерные проекты с подбором доступного оборудования. [1]

В данной работе было выбрано ПО Valtec.PRГ, поскольку данная программа имеет удобный интерфейс, соответствует требованиям государственных норм и находится в бесплатном доступе [2,3].

Российская компания Valtec производит и поставляет высококачественную и надежную продукцию для сантехники и отопления, включая краны, вентили, трубы, фитинги, насосы и другие комплектующие.

Применение типовых проектов стало менее популярно, и проектировщики сталкиваются с уникальными решениями для каждого объекта. Компанией Valtec разработаны ПО для оптимизации проведения ручных трудоемких расчетов инженерных систем [4].

Целью данной работы является подбор циркуляционного насоса с помощью ПО Valtec.PRГ для системы теплого пола в частном одноэтажном доме.

При расчете используются унифицированные ограждающие конструкции и наиболее популярное интерьерное решение – окна «в пол» в жилых помещениях. Помимо вышеуказанных исходных данных актуальность работы подтверждается доступностью выбранного ПО.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В работе [5] проведено исследование по оптимизации утепления наружных стен на примере частных жилых домов Московского региона. Получена формула оптимальной толщины утепления.

В статье [6] рассматриваются критерии оценки теплоэнергоэффективности частного жилого дома с применением современных средств инструментального контроля. Авторами выявлены основные характеристики зданий, влияющие на теплотехнические качества ограждающих конструкций. В заключении работы приведены выводы по теплотехническому исследованию объекта.

В работе [7] выполнен экономический анализ систем водяного и электрического теплых полов методом совокупных затрат на примере помещений площадью 5, 10 и 20 м² в г. Москва. Сделан вывод о том, что срок окупаемости напольной системы отопления зависит от площади помещения, а также, что для малых площадей целесообразнее применять электрический теплый пол.

В статье [8] рассматривается выбор оптимального теплого пола для жилых помещений, учитывая различные аспекты, такие как тип пола, его мощность, и совместимость с напольными покрытиями.

В работе [9] рассматривается вопрос выбора между двумя типами отопления: электричество и вода с точки зрения экономической целесообразности. Водяной теплый пол, как правило, требует больших первоначальных затрат на установку, но может быть более экономичным в эксплуатации за счет низкой температуры теплоносителя. Электрический теплый пол, в свою очередь, может быть дешевле в установке, но его эксплуатация может обходиться дороже, особенно в больших помещениях.

В статье [10] рассмотрено влияние изменений параметров микроклимата на самочувствие человека, а также на строительные конструкции зданий, проанализированы микроклиматические параметры и факторы, влияющие на внутреннюю среду, приведены нормативные показатели и санитарные нормы. Выявлены условия, негативно и позитивно воздействующие на организм человека, а также продемонстрировано влияние параметров микроклимата на элементы строительных конструкций и здания в целом. На основе проведенного анализа продемонстрирована необходимость поддержания микроклимата жилых и общественных помещений в пределах нормы.

В статье [11] представлено фундаментальное теоретическое исследование, проведенное для понимания влияния автоматизации системы напольного отопления в помещении на теплопередачу в зависимости от условий окружающей среды. Рассматриваемый физический процесс математически описан с учетом турбулентной естественной конвекции и поверхностного теплового излучения внутри заполненного воздухом помещения с панорамным окном.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для расчета был выбран проект одноэтажного частного жилого дома в городе Санкт-Петербург с размерами в осях 13,2мх13,2м. В части объемно-планировочных решений приняты следующие помещения: 2 спальни, кухня-гостиная, кабинет, 2 санузла и котельная. Была запроектирована система водяного теплого пола во всех помещениях здания (Рис. 1):

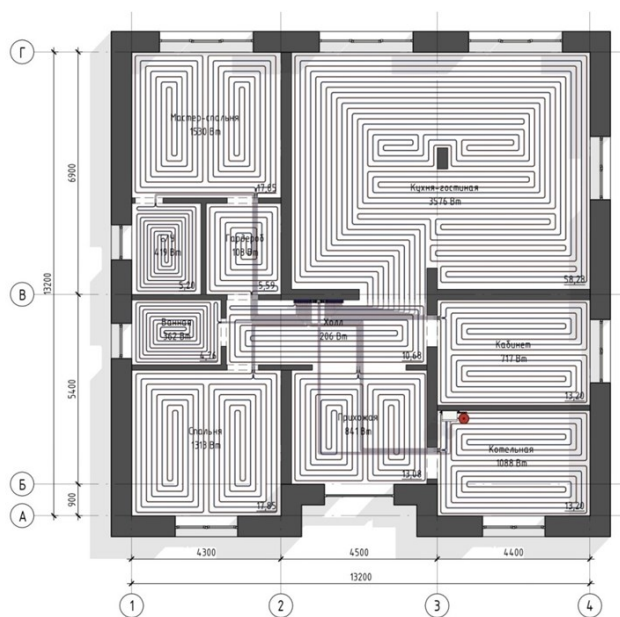


Рис. 1. План напольного отопления
Fig. 1. Floor heating plan

Для разводки контуров системы теплого пола используются металлопластиковые трубы диаметром 16x2,0 мм, для магистралей от циркуляционного насоса до коллектора теплого пола – трубы диаметром 26x3,0 мм.

Для того, чтобы подобрать циркуляционный насос для системы напольного отопления, необходимо определить две гидравлические характеристики: Q – суммарный расход на всех участках сети и H – потери напора на самом нагруженном контуре напольного отопления.

Перед тем, как приступить к расчетам, необходимо разбить систему на несколько расчетных участков, чтобы потом занести все необходимые данные в программу Valtec.

Расчетные участки системы напольного отопления:

1. Участок от циркуляционного насоса до коллектора напольного отопления.
2. Один контур напольного отопления.
3. Участок от коллектора напольного отопления до циркуляционного насоса.

Чтобы определить потери напора на самом нагруженном контуре, необходимо просуммировать потери на участках 1 – 2 – 3, при этом за участок 2 необходимо взять контур с наибольшими потерями напора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Определение гидравлических характеристик:
В разделе гидравлика выбираем подраздел «Гидравлика», через кнопку «Добавить» создаем участки расчетной системы (Рис. 2):

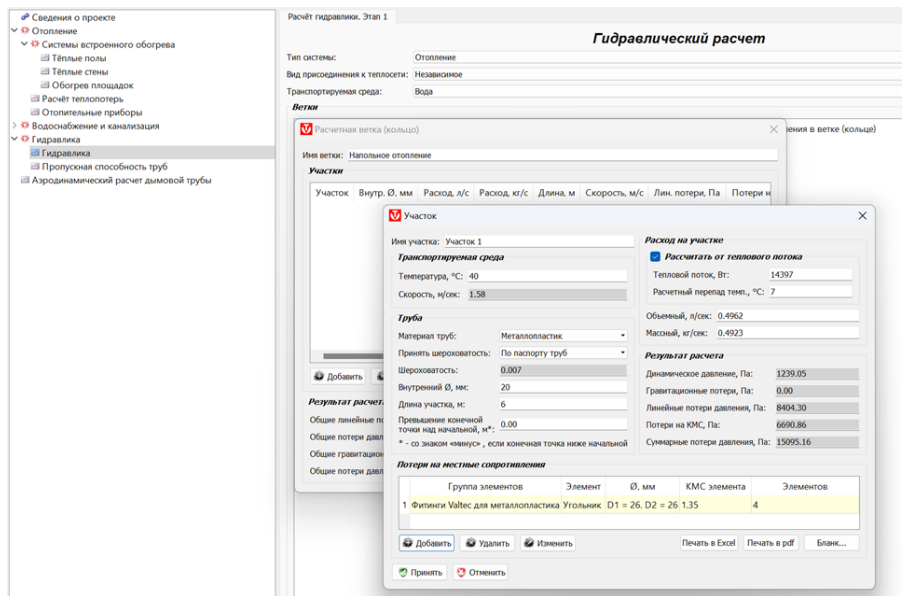


Рис. 2. Создание расчетных участков в разделе “Гидравлика”
Fig. 2. Creation of rated sections in the "Hydraulics" section

Участок 1 и Участок 3 – это подающая и обратная магистрали от насоса, на данных участках будет наибольший расход жидкости, он составляет 0,50 л/с (Рис. 3):

Участок	Внутр. Ø, мм	Расход, л/с	Расход, кг/с	Длина, м	Скорость, м/с	Лин. потери, Па	Потери на КМС, Па	Гравитационные потери, Па
1 Участок 1	20	0.50	0.49	6.00	1.58	8404.30	6690.86	0.00
2 Участок 3	20	0.50	0.49	6.00	1.58	8575.57	6690.86	0.00

Рис. 3. Расчетные характеристики участков 1 и 3
Fig. 3. Calculated characteristics of sections 1 and 3

Суммарные потери давления составили 30361 Па (Рис. 4):

Гидравлический расчет

Тип системы: Отопление
 Вид присоединения к теплотрассе: Независимое
 Транспортируемая среда: Вода

Ветки

Ветка	Количество участков, шт	Общие потери давления в ветке (кольце)
1 Напольное отопление (магистраль)	2	30361.60

Рис. 4. Общие потери давления в магистралях
Fig. 4. Total pressure losses in pipelines

Участок 2 – это наиболее нагруженный контур напольного отопления.

Данные для расчета Участка 2 возьмем из расчета водяных теплых полов из раздела «Тёплые полы» в ПО Valtec (Рис. 5):

Расчёт водяных тёплых полов

Помещения

№	Наименование помещения	Площадь ОЗ, м2	Шаг ОЗ, см	Площадь КЗ, м2	Шаг КЗ, см	Тепловой поток в помещении, Вт
1	1. Мастер-спальня	17.850	15.000	0.000	0.000	1424.430
2	10. Гардероб	5.590	15.000	0.000	0.000	534.572
3	2. Кухня-гостиная	58.280	15.000	0.000	0.000	4650.744
4	3. Кабинет	13.200	15.000	0.000	0.000	1053.360
5	4. Котельная	13.200	15.000	0.000	0.000	1262.316
6	5. Прихожая	13.080	15.000	0.000	0.000	1250.840
7	6. Холл	10.680	15.000	0.000	0.000	1021.328
8	7. Спальня	17.850	15.000	0.000	0.000	1424.430
9	8. Ванная	4.760	10.000	0.000	0.000	250.662
10	9. С/У	10.000	10.000	0.000	0.000	526.600

Рис. 5. Расчет водяных теплых полов
Fig. 5. Calculation of water underfloor heating

Гидравлический расчет

Тип теплоносителя: Вода
 Помещение: 6. Холл
 Расчётный перепад температур: 7.00
 Общая длина (нетто) труб ТП, м: 71.20

Петли

Помещение	№ петли	Длина нетто, м	Нагрузка, Вт	Расход, кг/с	Скорость, м/с	Кол. соед., шт	ΔР, Па	№ колл.
1 6. Холл	16	72.800	1114.441	0.038	0.339	0	14711.242	1

Рис. 6. Данные самого нагруженного контура теплого пола
Fig. 6. Data of the most loaded underfloor heating circuit.

Самым нагруженным контуром в данной системе является контур №6 в помещении «Холл» (Рис. 6).

Потери давления на данном участке составляют 14711 Па.

Суммарные потери напора на самой нагруженной ветке:

$$H = 30361 + 14711 = 45072 \text{ Па} \text{ или } 4,59 \text{ м вод. ст.}$$

Максимальный расход (Рис. 7):

$$Q = 0,49 \text{ л/с}$$

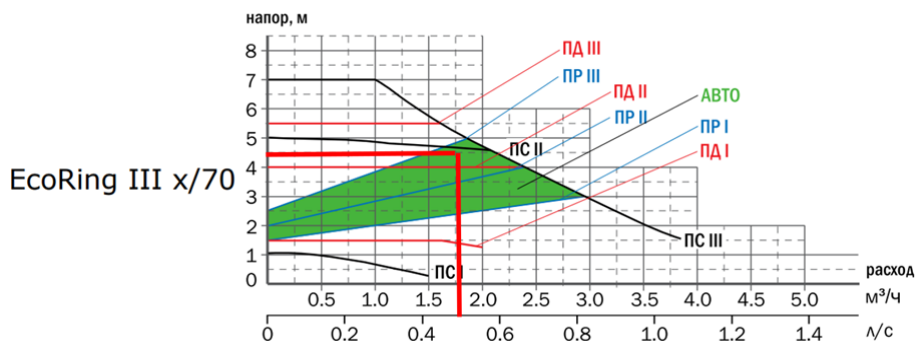


Рис. 7. График работы циркуляционного насоса
Fig. 7. Operating schedule of the circulation pump

У каждого циркуляционного насоса в паспортных данных есть напорная характеристика ($Q-H$).

Чтобы определить рабочую точку насоса, необходимо соединить две точки $Q-H$ на графике, в данном случае насос будет работать в автоматическом режиме (режим работы с пропорциональным изменением давления в зависимости от расхода).

Согласно п. 7.4.1. паспорта насоса Zota EcoRing III [12]:

7.4.1. В отличие от режимов пропорционального регулирования, выбор линии пропорционального регулирования осуществляется насосом автоматически на основе анализа работы системы на протяжении одной недели. Если насос подобран правильно, и требуемый расход контура, в котором установлен насос, находится в зоне автоматического выбора кривой регулирования, то насос самостоятельно выберет наиболее оптимальную кривую пропорционального регулирования для данных условий эксплуатации.

ВЫВОДЫ

В результате работы для частного одноэтажного дома в г. Санкт-Петербург был подобран циркуляционный насос Zota EcoRing III согласно рассчитанным параметрам системы. Правильный подбор насоса обеспечивает равномерный тепловой поток и бесперебойную работу системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдберг М. Свой дом в эпоху перемен: есть ли будущее за ИЖС. Режим доступа: <https://realty.rbc.ru/news/6524ff3a9a7947b2b43d4ca6> (дата обращения: 11.03.2024).
2. Гатин А.Д. Использование программы «Valtec» при теплотехнических и гидравлических расчетах // Избранные доклады 64-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. 2018. С. 769-773.
3. Нелюбов А.А., Портнов В.В., Применение программ Valtec для проектирования и расчетов теплотехнических систем // Физикотехнические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. Труды 23-й научно-технической конференции. Воронеж, 2021. 2021. С. 64-68.
4. VALTEC.PRГ.3.1.3. Программа для теплотехнических и гидравлических расчетов. Режим доступа: <https://valtec.ru/document/calculate/#VALTEC.PR> (дата обращения: 11.03.2024).
5. Окунев А.Ю., Оптимизация утепления наружных стен на примере частных жилых домов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 1. С. 126-139.
6. Логинова Е.В., Евдокименко М.О., Оценка теплоэнергоэффективности ограждающих конструкций частного жилого дома // Вестник

Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2017. № 20. С. 26-31.

7. Базунов Е.П., Кравчук В.Ю., Экономическое сравнение электрических и водяных теплых полов // Строительство: наука и образование. 2021. № 11 (1). С. 15-23.

8. Королева А.Н., Выбор оптимального теплого пола для жилых помещений // Инновации природообустройства и защиты окружающей среды : мат. I Национальной науч.-практ. конф. с Междунар. участием. Саратов, 2019. С. 48–51.

9. Кантаков Р.Г., Экономическое сравнение водяного и электрического панельного отопления для жилого помещения // Дни студенческой науки: сб. докл. науч.-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ. М., 2019. С. 354–358.

10. Умеренкова Э.В., Умеренков Е.В., Насонова А.А., Голобоков А.С. Влияние системы «теплый пол» на параметры микроклимата помещения // Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения : сб. науч. статей Международной научно-практ. конф. Курск, 2019. С. 180–182.

11. Miroshnichenko I.V., Sheremet M.A., Chen Yu-Bin, Chang Jui-Yung. Automation of the heated floor system in a room under the influence of ambient conditions // Applied Thermal Engineering. 2021, vol. 196, pp. 117298 DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117298

12. Паспорт насоса Zota EcoRing III. Режим доступа:

https://zota.ru/static/uploaded/documentation/entries/files/Nasos_ZOTA_EcoRING_11-10-2024.pdf (дата обращения 05.08.2025)

REFERENCES

1. Gol'dberg M. Your home in an era of change: is there a future for individual housing construction. <https://realty.rbc.ru/news/6524ff3a9a7947b2b43d4ca6> (date of access: 11.03.2024). (In Russian).
2. Gatin A.D. Using the Valtec program in heat engineering and hydraulic calculations. Izbrannye doklady 64-j universitetskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov i molodyh uchenyh. 2018. pp. 769-773. (In Russian).
3. Neljubov A.A., Portnov V.V., Using Valtec programs for designing and calculating heat engineering system. Fizikotekhnicheskie problemy jenergetiki, jekologii i jenergoresursosberezhenija. Trudy 23-j nauchno-tehnicheskoy konferencii. Voronezh, 2021. pp. 64-68. (In Russian).
4. VALTEC.PRГ.3.1.3. Program for heat engineering and hydraulic calculations. Access mode: <https://valtec.ru/document/calculate/#VALTEC.PR> (date of access: 11.03.2024). (In Russian).
5. Okunev A.Ju., Optimization of external wall insulation using private residential buildings as an example. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo

arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2019. No. 1, pp. 126-139. (In Russian).

6. Loginova E.V., Evdokimenko M.O., Assessment of thermal and energy efficiency of enclosing structures of a private residential building. Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. 2017. No. 20, pp. 26-31. (In Russian).

7. Bazunov E.P., Kravchuk V.Ju., Economic comparison of electric and water-heated floors. Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie. 2021. No 11 (1), pp. 15-23. (In Russian).

8. Koroleva A.N., Selection of the optimal underfloor heating for residential premises. Innovations in nature management and environmental protection: proc. I National scientific-practical. conf. with International. participation. Saratov, 2019. pp. 48–51. (In Russian).

9. Kantakov R.G., Economic comparison of water and electric panel heating for residential premises. Days of student science: collection of reports of scientific-technical. conf. based on the results of research work of

students of the Institute of Environmental Engineering and Mechanization of the National Research University Moscow State University of Civil Engineering. Moscow, 2019. pp. 354–358. (In Russian).

10. Umerenkova Je.V., Umerenkov E.V., Nasonova A.A., Golobokov A.S. The influence of the "warm floor" system on the parameters of the indoor microclimate. Modern problems in construction: setting tasks and solutions: collection of scientific articles from the International Scientific and Practical Conf. Kursk, 2019. pp. 180–182. (In Russian).

11. Miroshnichenko I.V., Sheremet M.A., Chen Yu-Bin, Chang Jui-Yung. Automation of the heated floor system in a room under the influence of ambient conditions. Applied Thermal Engineering. 2021, vol. 196, pp. 117298 DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117298

12. Passport of the Zota EcoRing III pump. https://zota.ru/static/uploaded/documentation/entries/files/Nasos_ZOTA_EcoRING_11-10-2024.pdf (date of access: 05.08.2025). (In Russian).

CALCULATION OF UNDERFLOOR HEATING FOR SELECTING A CIRCULATION PUMP

Tsareva O.S., Andreev A.I.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Rusinternal territory of the city, Akademicheskoe municipal district, Politekhnikeskaya st., 29, litera B, tsareva_os@spbstu.ru

Abstract: When designing heating systems in private homes, the selection of equipment plays a key role. The use of software increases the speed, improves the efficiency of design and saves consumers' money.

The subject of the study. Selection of pumping equipment using Valtec.PRG software for a heated floor system in a private one-story house.

Materials and methods. The calculation uses standardized enclosing structures and the most popular interior solution - floor-to-ceiling windows in residential premises. For the calculation, a project of a one-story private residential building in St. Petersburg with dimensions in axes of 13.2 m x 13.2 m was selected. In the calculation, 3 sections of the underfloor heating system were considered. To determine the pressure loss on the most loaded circuit, it is necessary to sum up the losses in sections 1 - 2 - 3, while section 2 should be taken as the circuit with the greatest pressure loss. The most loaded circuit in this system is circuit No. 6 in the "Hall" room. When selecting a circulation pump for an underfloor heating system, two hydraulic characteristics were determined: the total flow rate in all network sections and pressure losses in the most loaded underfloor heating circuit.

Results. The underfloor heating system was calculated and a circulation pump was selected for a private one-story house in St. Petersburg according to the obtained values of the total flow rate in all network sections and pressure losses in the most loaded underfloor heating circuit of the system.

Conclusions. Correct selection of the pump ensures uniform heat flow and uninterrupted operation of the system.

Keywords: water underfloor heating, individual housing construction, hydraulic calculation, circulation pump, pressure losses, flow rate