

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДБОРА ОТОПИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ В BIM-СРЕДЕ

Егоров М.Ю., Смирнов Н.А., Порунов Д.Н., Ларский А.А.

ФГБОУ ВО НИУ "МЭИ", г. Москва

### Аннотация

В работе приведена методика автоматизации подбора отопительных приборов на основе таблицы тепловых потерь с их последующей расстановкой в единую систему отопления в BIM-среде. Актуальность исследования заключается в повышении эффективности проектирования систем отопления за счёт снижения трудоёмкости ручного подбора оборудования и минимизации ошибок, связанных с человеческим фактором, а также сведения к минимуму времени проектирования. Рассматриваемый метод совмещает алгоритмический подбор отопительных приборов из предложенного каталога с их автоматизированным размещением в BIM-модели по различным заранее определенным сценариям. Разработанная программа учитывает уникальные геометрические особенности отопительного оборудования и поддерживает все основные способы расстановки приборов и прокладки трубопроводов. Дополнительно методика предусматривает возможность адаптации алгоритмов под различные стандарты и типы зданий, что расширяет область её применения и делает инструмент более универсальным. Особое внимание уделено модульности решения, позволяющей интегрировать его в существующие проектные процессы без существенных изменений рабочих процедур. Разработанный подход может быть востребован в сфере архитектурно-строительного проектирования, поскольку способствует повышению эффективности инженерных процессов и согласованию BIM-моделей с отечественными нормами расчёта теплотерь.

**Ключевые слова:** тепловые потери, система отопления, подбор оборудования, информационное моделирование зданий, автоматизация проектирования, расчетная программа.

## AUTOMATION OF HEATING EQUIPMENT SELECTION AND HEATING SYSTEM DESIGN IN A BIM ENVIRONMENT

Mikle Egorov, Nikolay Smirnov, Dmitry Porunov, Alexey Larsky

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow

### Abstract

The paper presents a method for automating the selection of heating devices based on a heat-loss table, followed by their placement into a unified heating system within a BIM environment. The relevance of the study lies in improving the efficiency of heating system design by reducing the labor intensity of manual equipment selection, minimizing human-factor-related errors, and shortening overall design time. The proposed method combines algorithmic selection of heating devices from a provided catalog with their automated placement in a BIM model according to various predefined scenarios. The developed software takes into account the unique geometric characteristics of heating equipment and supports all major methods of device placement and pipeline routing. Additionally, the methodology provides the capability to adapt the algorithms to various building standards and types, which broadens its applicability and makes the tool more versatile. Special attention is given to the modularity of the solution, enabling its integration into existing design workflows without significant changes to established procedures. The proposed approach may be in demand in the field of architectural and construction design, as it contributes to improving engineering efficiency and ensuring compliance of BIM models with national heat-loss calculation standards.



**Keywords:** *heat loss; heating system; equipment selection; building information modeling; design automation; calculation software.*

## Введение

Проектирование систем отопления является одним из ключевых этапов инженерного обеспечения зданий и требует значительных временных ресурсов, поскольку включает подбор оборудования с учётом теплопотерь, архитектурных особенностей и требований к компоновке инженерных систем. В действующей практике выбор и расстановка отопительных приборов зачастую выполняются вручную или с использованием разрозненных инструментов, что существенно увеличивает трудоёмкость, повышает риск ошибок и усложняет внесение изменений в проектную документацию.

Несмотря на широкое распространение технологии информационного моделирования зданий [1], существующие программные решения не обеспечивают полноценной автоматизации подбора и размещения отопительных приборов на основе данных теплотехнических расчётов [2]. Дополнительную сложность создаёт отсутствие актуальных нормативных документов, регламентирующих правила расстановки отопительных приборов в различных типах помещений, что приводит к вариативности инженерных решений и отсутствию единообразия в проектировании [3].

Работа направлена на устранение указанных ограничений путём разработки инструмента, который позволяет автоматически выполнять подбор отопительных приборов на основе таблицы теплопотерь и размещать их в BIM-модели по заданным сценариям. Разработанный подход обеспечивает согласованность проектных данных [4], снижает вероятность ошибок и повышает эффективность проектирования систем отопления, а также способствует формированию единого стандартизированного подхода к размещению отопительных приборов в отечественной проектной практике.

## Материалы и методы (Инженерный подбор отопительных приборов)

Главной частью таблицы тепловых потерь является вычисленное значение потерь через ограждающие конструкции для каждого помещения здания. Задача отопительных приборов – компенсация этих потерь за счет подачи в помещение требуемого количества тепловой энергии.

На рис. 1 представлена упрощенная модель двухэтажного здания, для которого была составлена таблица теплопотерь, на рис. 2 – таблица тепловых потерь, составленная для здания.

Значение потерь для каждого помещения и есть суммарная минимальная мощность, которую должны обеспечивать отопительные приборы в нём. Учитывая, что существующее отопительное оборудование имеет собственные каталоги типоразмеров и тепловых мощностей, а также то, что в зависимости от планировочных и конструктивных особенностей помещения может требовать установки нескольких приборов вместо одного, процесс подбора значительно усложняется и требует автоматизации [5].

## Результаты

### Программная реализация подбора отопительных приборов

На практике попытки автоматизировать этот этап зачастую реализуются посредством внутренних функций MS Excel, а именно посредством функции ВПР. На рис. 3 представлен пример использования функции.



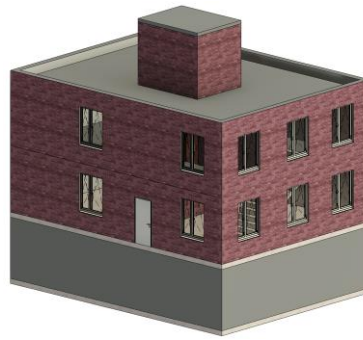


Рис. 1. Упрощенная модель здания

Уровень	Номер помещения	Наименование помещения	tn	tвн	Тип	Ориентация	a (м)	b (м)	Площадь (м2)	k (Вт/(м²·К))	Q (Вт)	Qсум по помещению, Вт
-1	A3.001	Zone I	-26	16	-	-	-	-	23,98484375	0,476	479,505	702,3
		Zone II	-26	16	-	-	-	-	17,91	0,263	197,8339	
		Zone III	-26	16	-	-	-	-	3,09300625	0,192	24,942	
		Zone IV	-26	16	-	-	-	-	0	0	0	
-1	A3.002	Zone I	-26	16	-	-	-	-	35,9696875	0,476	719,106	1081,6
		Zone II	-26	16	-	-	-	-	23,82	0,263	263,1157	
		Zone III	-26	16	-	-	-	-	12,3210125	0,192	99,35664	
		Zone IV	-26	16	-	-	-	-	0	0	0	
-1	A3.003	Zone I	-26	16	-	-	-	-	23,98484375	0,476	479,505	774,9
		Zone II	-26	16	-	-	-	-	17,91	0,263	197,8339	
		Zone III	-26	16	-	-	-	-	12,09300625	0,192	97,518	
		Zone IV	-26	16	-	-	-	-	0	0	0	
1	A1.001	Переговорная	-26	19	нс	З	9,18	2,85	17,2191039	0,3787	308,1113	1601,2
		Переговорная	-26	19	нс	С	6,14	2,85	14,5034513	0,3787	271,8766	
		Переговорная	-26	19	нс	Ю	6,14	2,85	14,5034513	0,3787	247,1606	
		Переговорная	-26	19	ок	З	-	-	2,9812987	1,0989	154,798	
		Переговорная	-26	19	ок	З	-	-	2,9812987	1,0989	154,798	
		Переговорная	-26	19	ок	З	-	-	2,9812987	1,0989	154,798	
		Переговорная	-26	19	ок	С	-	-	2,9812987	1,0989	162,1694	
2	A2.002	ЛК	-26	16	нс	С	6,05	2,85	14,2469513	0,3787	249,2638	3853,7
		ЛК	-26	16	нс	В	6,05	2,85	11,2656526	0,3787	197,1032	
		ЛК	-26	16	ок	В	-	-	2,9812987	1,0989	151,3581	
		ЛК	-26	16	ок	В	-	-	2,9812987	1,0989	151,3581	
		ЛК	-26	16	ок	С	-	-	2,9812987	1,0989	151,3581	
2	A2.003	Кладовая	-26	16	нс	В	3,14	2,85	5,9534513	0,3787	104,1612	2348,8
		Кладовая	-26	16	нс	Ю	6,05	2,85	14,2469513	0,3787	226,6035	
		Кладовая	-26	16	ок	Ю	-	-	2,9812987	1,0989	137,5983	
		Кладовая	-26	16	ок	В	-	-	2,9812987	1,0989	151,3581	
		Кладовая	-26	16	кр	-	-	-	18,8721	2,1814	1729,039	
3	A4.001	Выход на крышу	-26	24	нс	З	2,5	2,85	7,125	0,3787	141,6575	1525,3
		Выход на крышу	-26	24	нс	С	3,2	2,85	9,12	0,3787	189,9559	
		Выход на крышу	-26	24	нс	В	2,5	2,85	7,125	0,3787	148,4031	
		Выход на крышу	-26	24	нс	Ю	3,2	2,85	9,12	0,3787	172,6872	
		Выход на крышу	-26	24	кр	-	-	-	8	2,1814	872,56	
2	A2.001	Офис	-26	19	нс	З	9,18	2,85	17,2191039	0,3787	308,1113	6775
		Офис	-26	19	нс	С	6,14	2,85	14,5034513	0,3787	271,8766	
		Офис	-26	19	нс	Ю	6,14	2,85	14,5034513	0,3787	247,1606	
		Офис	-26	19	ок	З	-	-	2,9812987	1,0989	154,798	
		Офис	-26	19	ок	З	-	-	2,9812987	1,0989	154,798	
		Офис	-26	19	ок	З	-	-	2,9812987	1,0989	154,798	
		Офис	-26	19	ок	Ю	-	-	2,9812987	1,0989	147,4267	
		Офис	-26	19	ок	С	-	-	2,9812987	1,0989	162,1694	
1	A1.002	Прихожая	-26	20	нс	С	6,05	2,85	14,2469513	0,3787	273,0032	1673,8
		Прихожая	-26	20	нс	В	9,18	2,85	17,2191039	0,3787	329,9563	
		Прихожая	-26	20	нс	Ю	6,05	2,85	12,1469513	0,3787	211,6023	
		Прихожая	-26	20	ок	В	-	-	2,9812987	1,0989	165,7731	
		Прихожая	-26	20	ок	В	-	-	2,9812987	1,0989	165,7731	
		Прихожая	-26	20	ок	В	-	-	2,9812987	1,0989	165,7731	
		Прихожая	-26	20	ок	С	-	-	2,9812987	1,0989	165,7731	
		Прихожая	-26	20	ок	Ю	-	-	2,9812987	1,0989	150,7029	
		Прихожая	-26	20	дв	Ю	-	-	2,1	0,47	45,402	

Рис. 2. Таблица расчета тепловых потерь



Qсум по помещению, Вт	Подбор оборудования			№	Мощность, Вт	Марка
	Марка	Количество	Расход на каждый, Вт			
702,3	=ВПР(Р3;SR53:\$T\$25;3;"ИСТИНА")	1	702,3	1	0	Prado Classic Z 20-400-4
1081,6	Prado Classic Z 20-400-9	1	1081,6	2	508	Prado Classic Z 20-400-5
774,9	Prado Classic Z 20-400-7	1	774,9	5	865	Prado Classic Z 20-400-8
1601,2	Prado Classic Z 20-400-14	1	1601,2	6	984	Prado Classic Z 20-400-9
3853,7	Prado Classic Z 20-400-16	2	1926,85	7	1102	Prado Classic Z 20-400-10
				8	1221	Prado Classic Z 20-400-11
				9	1339	Prado Classic Z 20-400-12
				10	1458	Prado Classic Z 20-400-13
				11	1576	Prado Classic Z 20-400-14
				12	1695	Prado Classic Z 20-400-15
				13	1813	Prado Classic Z 20-400-16
				14	1932	Prado Classic Z 20-400-17
				15	2051	Prado Classic Z 20-400-18
				16	2169	Prado Classic Z 20-400-19
				17	2288	Prado Classic Z 20-400-20
				18	2406	Prado Classic Z 20-400-21
				19	2643	Prado Classic Z 20-400-22
				20	2880	Prado Classic Z 20-400-24
				21	3118	Prado Classic Z 20-400-26
				22	3355	Prado Classic Z 20-400-28
					3592	1000000000 Ошибка

**Рис. 3. Подбор оборудования с использованием функции ВПР**

1 – суммарные тепловые потери помещения; 2 – формула с функцией ВПР; 3 – предварительно заданное количество приборов; 4 – мощность, приходящаяся на один прибор; 5 – графа со значением мощности прибора; 6 – графа с наименованием прибора; 7 – значение, выдаваемое в графе «марка», если количества приборов недостаточно для покрытия теплопотерь

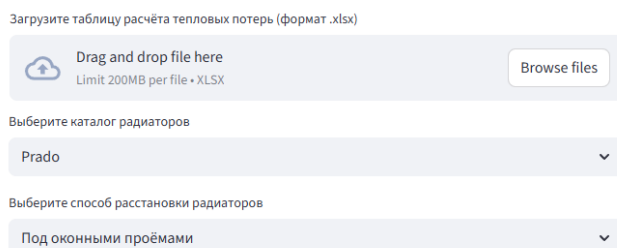
Данная функция была взята за основу и реализована в программе. На вход программы подается список помещений с тепловыми потерями по каждому из них, каталог оборудования в текстовом формате JSON, а также способ расстановки отопительных приборов. Поскольку действующих нормативных документов по расстановке приборов нет, то используется несколько возможных сценариев:

- расстановка под оконными проемами – используется для создания тепловой завесы у окон с целью компенсации инфильтрации воздуха [6];
- равномерное распределение по ограждающим конструкциям – вследствие архитектурных особенностей или минимальной доли теплопотерь от окон.

Программа действует в два этапа: в первую очередь подбирает минимально возможное количество приборов, затем выполняет поправку на сценарий расстановки и архитектуру. Результатом выполнения является список помещений с количеством и типоразмерами радиаторов из каталога. Интерфейс программы разработан на базе инструмента Streamlit. Интерфейс взаимодействия с пользователем при выполнении подбора приборов представлен на рис. 4.

### Программная реализация расстановки отопительных приборов

Для расстановки отопительных приборов программа запрашивает у пользователя информацию о способе прокладки труб, типе системы, наличии или отсутствии коммуникационных шахт и прочие данные, необходимые для точного выполнения построения системы отопления.



**Рис. 4. Интерфейс блока подбора**



Большинство производителей предоставляют BIM-модели своего отопительного оборудования, поэтому программа, помимо выбора из каталога, дает возможность загрузить модель. При этом для труб большинство производителей предоставляют только модели фитингов, а данные о самих трубах предоставляются только в виде каталогов с типоразмерами и физическими характеристиками. В связи с этим, программа запрашивает эти данные и самостоятельно создает трубы с соответствующими параметрами в BIM-среде.

На рис. 5 представлен интерфейс взаимодействия с пользователем при расстановке приборов.

### Обсуждение

Программа была применена к модели здания, приведенной на рис. 1. На вход поданы значения тепловых потерь по каждому помещению, каталог радиаторов, и загружены типоразмеры и свойства труб.

Выберите схему прокладки труб в помещениях  
Вдоль стен

Выберите схему прокладки труб в подвале  
Под потолком

Выберите тип разводки труб  
Двухтрубная

Выберите каталог труб  
Загрузите свой каталог

Загрузите параметры каталога труб (формат .xlsx)  
Drag and drop file here  
Limit 200MB per file • XLSX  
Browse files

Имеются ли коммуникационные шахты?  
 Да  Нет

Выберите расположение стояков отопления  
Равномерное распределение

Выберите каталог труб для стояков  
Стандартный каталог

Укажите место сведения магистральных труб  
Введите номер/наименование помещения

Сформировать

Рис. 5. Интерфейс блока расстановки

На рис. 6 представлена аксонометрическая схема [7] построенной системы отопления, а на рис. 7 – 3D-вид участка подключенных приборов.

### Выводы

В ходе данной работы была разработана и реализована программа автоматизированного подбора отопительных приборов и построения системы отопления в BIM-среде. В качестве результатов представлены аксонометрическая схема и приближенный 3D-вид подключения.



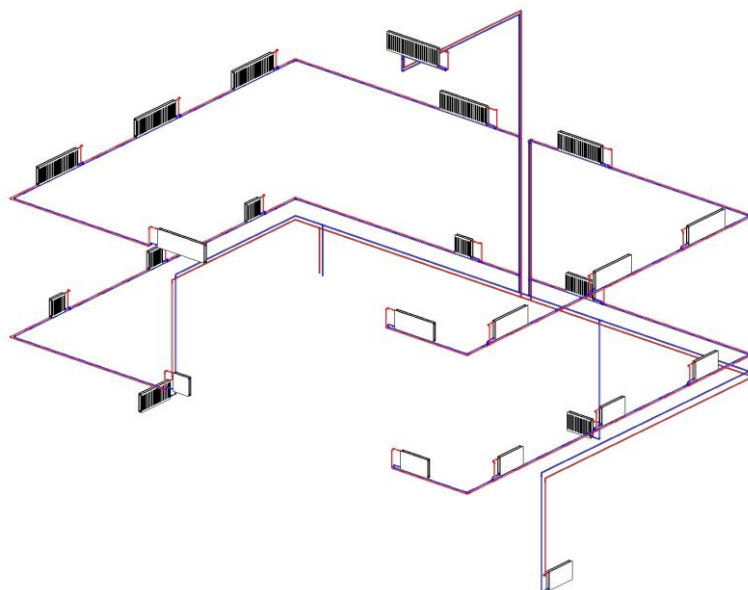


Рис. 6. Аксонометрическая схема

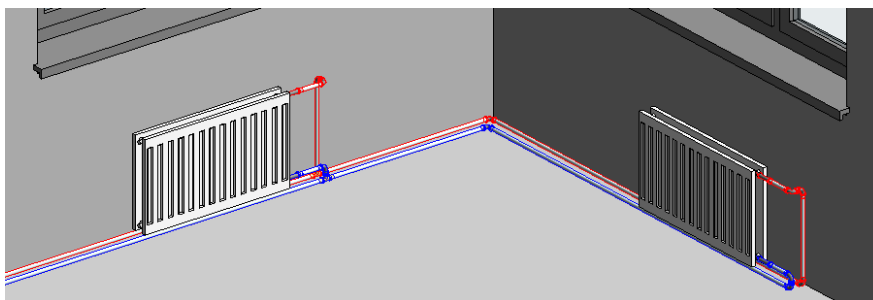


Рис. 7. Подключение приборов

Разработанная программа позволяет существенно сократить затраты временных ресурсов на проектирование системы отопления, а также обеспечивает гибкость при работе с проектной моделью: система может быть оперативно перестроена при изменении исходных данных, параметров оборудования или архитектурных решений. Даже в случаях, когда автоматическая расстановка приборов не полностью удовлетворяет требованиям проектировщика, полученный результат формирует корректный и структурированный шаблон, который можно доработать на необходимых участках, значительно ускоряя итоговый процесс проектирования.

#### Библиографический список

1. Баканова С.В., Курдин А.В. BIM-технологии при проектировании систем отопления и вентиляции // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2024. – № 1(50). – С. 122-127. EDN: [UJUPKA](#)
2. Суханова И.И., Гнедых В.С., Демшина Д.А. Анализ гидравлического и аэродинамического расчётов систем отопления и вентиляции на основе BIM-моделирования // Инженерный Вестник Дона. – 2019. – № 9(60). – С. 6. EDN: [FMZNKI](#)
3. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Минстрой России, 2020. – 162 с.
4. Червова Н.А., Лепешкина, Д.О. Коллизии инженерных систем при проектировании в BIM платформах // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 3 (66). – С. 19-29. EDN: [XTYVNZ](#). DOI: [10.18720/CUBS.66.2](#)



5. **Крупнов Б.А.** О выборе и тепловом расчете отопительных приборов [Электронный ресурс] // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2016. – № 4. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/o-vybore-i-teplovom-raschete-otopitelnyh-priborov> (дата обращения 11.11.2025 г.)
6. **Заварзин Б.Б., Рюмин Р.В., Чукарев А.Г.** Методика расчета теплотерь для помещений // Молодой ученый. – 2017. – № 43 (177). – С. 40-43. EDN: [ZRBSTT](https://doi.org/10.17802/2474-7702.2017.43.40-43)
7. **Васильев В.Ф., Суханова И.И., Иванова Ю.В., Уляшева В.М., Пухкал В.А.** Отопление и вентиляция жилого здания: учеб. пособие / 2-е изд., исправ. и доп. – СПб.: СПбГАСУ, 2017. – 95 с.

### References

1. Bakanova S. V., & Kurdin, A. V. (2024). BIM Technologies in the design of heating and ventilation systems. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii*, 1(20), 122-127.
2. Suhanova, I. I., Gnedyh, V. S., & Dyomshina, D. A. (2019). Analysis of hydraulic and aerodynamic calculations of heating and ventilation systems based on BIM-modeling. *Engineering Journal of Don*, 9(60), 6.
3. Minstroy Rossii. (2020) SP 60.13330.2020. *Svod pravil. Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie vozduxa [Code of Practice. Heating, Ventilation, and Air Conditioning]*.
4. Chervova, N. A., & Lepeshkina, D. O. (2018). Collisions of general utilities designing through the use of BIM-platforms. *Construction of unique buildings and structures*, 3(66), 19-29. <https://doi.org/10.18720/CUBS.66.2>
5. Krupnov, B. A. (2016). О выборе и тепловом расчете отопительных приборов [On the selection and thermal calculation of heating devices]. *Santekhnika. Otoplenie. Konditsionirovanie*, 4. Retrieved November 11, 2025 from <https://www.c-o-k.ru/articles/o-vybore-i-teplovom-raschete-otopitelnyh-priborov>
6. Zavarzin, B. B., Riumin, R. V., & Chukarev, A. G. (2017). Metodika rascheta teplopoter` dlya pomeshhenij [Methodology for calculating heat loss for premises]. *Molodoj ucheny`j*, 43 (177), 40-43.
7. Vasilev, V. F., Sukhanova, I. I., Ivanova, Iu. V., Uliasheva, V. M., & Pukhkal, V. A. (2017). Otoplenie i ventilyaciya zhilogo zdaniya: ucheb. posobie [Heating and ventilation of a residential building: a tutorial] (2th Ed.) / 2-е изд., исправ. и доп. – СПб.: SPbGASU.

### Сведения об авторах

**Егоров Михаил Юрьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры тепломассообменных процессов и установок, МЭИ, Москва; [mikhail.yu.egorov@gmail.com](mailto:mikhail.yu.egorov@gmail.com), SPIN-код: [7771-4892](https://orcid.org/0000-0003-2202-302X), ORCID: [0000-0003-2202-302X](https://orcid.org/0000-0003-2202-302X).

**Смирнов Николай Алексеевич**, студент МЭИ, Москва.

**Порунов Дмитрий Николаевич**, студент МЭИ, Москва.

**Ларский Алексей Александрович**, студент МЭИ, Москва.

### Authors about

**Mikle Egorov**, Cand. of Tech. Sciences, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", ORCID: 0000-0003-2202-302X.

**Nikolay Smirnov**, National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

**Dmitry Porunov**, National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

**Alexey Larsky**, National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

### Ссылки для цитирования

Автоматизация подбора отопительного оборудования и построения системы отопления в BIM-среде / М.Ю. Егоров, Н.А. Смирнов, Д.Н. Порунов, А.А. Ларский // Энергетические системы. – 2025. – № 3. – С. 77-83.

Egorov, M., Smirnov, N., Porunov, D., & Larsky A. (2025). Automation of heating equipment selection and heating system design in a bim environment. *Energy Systems*, 3, 77-83. <https://doi.org/10.34031/es.2025.3.09>

