

УДК 697

DOI 10.51691/2541-8327_2021_7_2

***ОБСЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ***

Гаврилов А. С.

к.т.н., доцент,

Казанский государственный энергетический университет,

Казань, Россия

Сергеев А. Е.

студент,

Казанский государственный энергетический университет,

Казань, Россия

Аннотация

В работе было проведено энергетическое обследование инженерных систем жилого здания. Были исследованы системы электро- и тепловодоснабжения. Также выявлены затраты энергетических ресурсов здания за два года на основании анализа инженерных систем здания и проведения оценки согласно тарифам стоимости потребляемой энергии. Это позволило сопоставить соотношение расходов на энергоресурсы, и тем самым выявить наибольшую долю расходов, которая идет на теплоснабжение.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергопотребление, система отопления, электроснабжение, водоснабжение, многоэтажное жилое здание, расход, потребление.

***SURVEY OF THE ENERGY STATE OF ENGINEERING SYSTEMS OF A
MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING***

Gavrilov A. S.

CTS, Associate Professor

Kazan State Power Engineering University,

Kazan, Russia

Sergeev A. E.

student,

Kazan State Power Engineering University,

Kazan, Russia

Abstract

In the article, an energy survey of the engineering systems of a residential building was conducted. Electrical and heat supply systems were investigated. The costs of the building's energy resources for two years were also identified based on the analysis of the building's engineering systems and the assessment of the cost of energy consumed according to the tariffs. This made it possible to compare the ratio of energy costs, and thus identify the largest share of costs that goes to heat supply.

Key words: energy efficiency, energy consumption, heating system, power supply, water supply, multi-storey residential building, consumption.

Проблемой современной энергетической политики страны в жилом секторе является повышение его энергоэффективности. Более 40% мирового энергопотребления приходится на здания, растут требования к эффективному использованию энергии в них, прежде всего на отопление и холодоснабжение, одним из ключевых показателей которого является энергетическая потребность [1]. Современные тенденции, которые находят отражение в изменении Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

международных норм и стандартов, рассматривают здания как сложные энергетические системы в комплексе ограждающих конструкций и инженерных систем, с источниками энергоснабжения, внутренней и внешней средой.

Повышение энергоэффективности в жилом секторе возможно при создании жилых домов (новое строительство) и при реконструкции существующего жилищного фонда. Для повышения энергоэффективности необходимо провести комплекс мероприятий, направленный на получение данных по энергопотреблению объекта и их обработку для выявления случаев отклонения энергопотребления [2]. Анализ энергопотребления жилого здания дает возможность:

- выявить источники непроизводительных потерь энергоресурсов;
- оптимизировать режим эксплуатации здания и оборудования;
- своевременно выявить отклонения в энергопотреблении, вызванные техническими проблемами, возникающими при эксплуатации зданий и оборудования;
- обеспечить оперативность действий по устранению причин повышенного энергопотребления;
- разработать меры по снижению или устранению причин нерационального энергопотребления и т.д. [3].

Адекватность оценки уровня энергоэффективности зданий, детализация показателей энергетического состояния в значительной степени зависят от методики энергетического обследования инженерных систем здания [4]. Рассмотрим основные показатели инженерных систем, которые были исследованы на объекте. Так, методика энергетического обследования инженерных систем здания включала исследование следующих показателей.

При обследовании системы отопления определяются следующие основные данные:

- 1) общая информация о системах отопления: тип источника теплоснабжения, год принятия в эксплуатацию внутридомовой системы

отопления, отапливаемая площадь, отапливаемый объем, тепловая нагрузка системы отопления, средняя температура теплоносителя [$^{\circ}\text{C}$], средняя температура в отапливаемых и неотапливаемых объемах, продолжительность отопительного периода (количество часов работы в месяц) за последние 3 года, объем потребления энергии во время отопления, измеренное средствами измерительной техники, наличие индивидуального теплового пункта и его характеристики, информация об установленных приборах учета энергоресурсов;

2) информация об отопительных приборах (подсистемы теплоотдачи): вид системы теплоотдачи (гидравлическая, электрическая, воздушная), тип отопительных приборов, количество по типам, наличие автоматических регуляторов температуры воздуха на отопительных приборах (способ регулирования температуры в помещениях), наличие балансировочной арматуры на стояках, температурный напор, местонахождение, общая мощность отопительных приборов, состояние эксплуатации;

3) информация о подсистеме распределения: длина и диаметр трубопроводов, материал трубопровода, наличие изоляции трубопровода, материал изоляции, наличие балансировочных кранов и термостатов, количество секций, длина и диаметр трубопроводов, для водяных систем отопления указывается тип системы отопления (однотрубная, двухтрубная, другой) тип разводки трубопроводов (горизонтальный, вертикальный и другой), расположение циркуляционного трубопровода, для вертикальных систем отопления дополнительно определяется тип разводки системы отопления по зданию (верхнее, нижнее, смешанное).

При обследовании системы горячего водоснабжения определялись такие основные данные: общая информация о системе горячего водоснабжения; информация о характеристиках теплообменника, автоматического регулятора температуры, системы распределения, подсистемы распределения горячего водоснабжения; характеристики индивидуального распределительного трубопровода, характеристики циркуляционного контура (при наличии).

Обследование систем освещения здания включало: тип системы освещения и разряды зрительных работ; тип, количество осветительных приборов, их мощность, состояние и режим использования; удельная мощность в расчете на 1 м² площади; состояние приборов освещения; наличие средств автоматического управления системой освещения [4,5].

Анализ энергопотребления осуществлялся с помощью внешнего осмотра, анализа технической документации и приборов учета энергии.

Объект исследования представляет собой 12-этажный жилой дом, который построен в 1993 году по индивидуальному проекту с панельным перекрытием, кирпичными стенами и лоджиями (рис.1). На первом этаже расположены различные предприятия сферы услуг. Дом имеет 4 подъезда, в которых расположены 175 заселенных квартир (всего 431 комната).



Рис.1 Главный северный фасад дома ¹

Дом получает тепловую энергию от собственного индивидуального теплового пункта. Схема подключения домовой системе отопления независимая. Система подачи теплоносителя в систему отопления однотрубная с верхней разводкой теплоносителя.

Технические характеристики тепловых сетей и систем:

- 1) Источник тепла – котельная.
- 2) Подача тепла – тепловая магистраль.

¹ Составлено авторами.

3) Пункт распределения – индивидуальный тепловой пункт.

4) Узел подключения к магистрали – тепловая камера.

В тепловом пункте установлен современный счетчик фирмы ZENNER, оснащенный элеваторм, термометрами, манометрами и расходомерами. После теплового пункта теплоноситель поступает в техническое помещение, находящееся на чердаке дома, по неизолированным трубам в подъезде, где теряет много тепла. После этого теплоноситель распределяется по стоякам. По проекту в квартирах предусмотрены чугунные радиаторы с постоянным количеством секций и байпасом, но по факту большая часть радиаторов была модернизирована за счет увеличения количества секций и замены на биметаллические радиаторы. В некоторых квартирах байпас был демонтирован, радиаторы частично выведены на балкон, что негативно повлияло на общий тепловой баланс жилого дома. Жители нижних этажей жалуются на падение температуры в помещениях ниже минимально-разрешенной, в том числе на снижение температуры радиаторов отопления в ночное время.

Тепловой пункт системы отопления (СО) для четырех подъездов размещен в подвальном помещении. Система отопления однотрубная с верхней разводкой теплоносителя.

Система горячего водоснабжения (ГВС) дома происходит централизованно, через тепловой пункт.

К типичным электропотребителям в квартире можно отнести: осветительные приборы, электроплиту, электрочайник, утюг, компьютер, стиральную машину, электропечь. Освещение квартир разное в зависимости от предпочтений владельцев, однако лампы накаливания почти не применяются. Несмотря на возможность подключения газового оборудования по проекту, приготовление еды происходит на электрических плитах, что значительно увеличивает электропотребление. В периоды снижения температуры окружающей среды жители нижних этажей компенсируют недостаток отопления

электронагревателями, что увеличивает нагрузку на электросети и приводит к увеличению электропотребления.

Выполнен анализ годового потребления энергетических ресурсов здания. Данные по потреблению электроэнергии за 2 последних года, а именно 2019, 2020-го приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Годовое потребление электроэнергии²

№	Месяц	2019		2020	
		кВт-ч	руб	кВт-ч	руб
1	Январь	94590	247826	95435	251948,4
2	Февраль	104852	274712	108145	285502,8
3	Март	101388	265637	100765	266019,6
4	Апрель	79913	209372	78945	208414,8
5	Май	59295	155353	60298	159186,7
6	Июнь	63020	165112	61021	161095,4
7	Июль	57090	150718	58094	159758,5
8	Август	76074	200835	75071	206445,3
9	Сентябрь	69009	182184	68165	187453,8
10	Октябрь	110647	292108	110234	303143,5
11	Ноябрь	138410	365402	137914	379263,5
12	Декабрь	137170	362129	136972	376673
Σ	Всего	1091458	2871388	1091059	2692956,9

Потребление электрической энергии представлено в виде диаграммы (рис. 2).

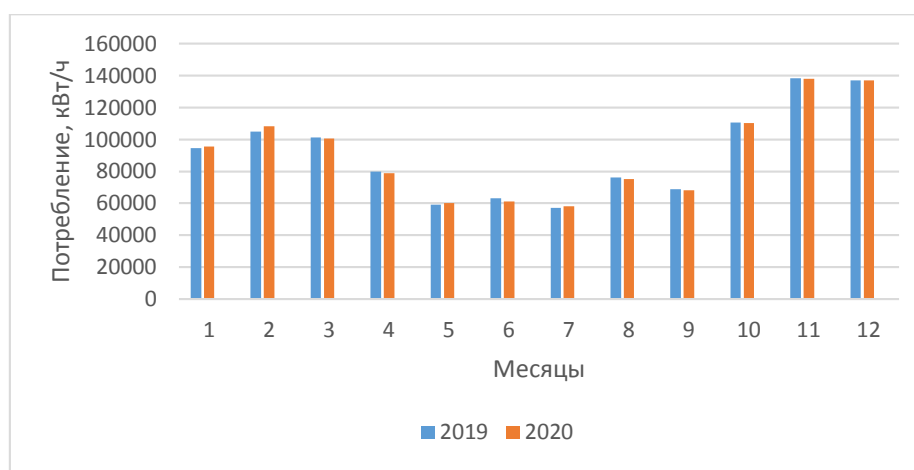


Рис.2 График потребления электрической энергии³

² Составлено авторами.

³ Составлено авторами.

Из графика на рис.2 можно сделать вывод, что потребление электрической энергии неравномерное в течение года. Это обусловлено тем, что в зимний период день менее продолжительный, чем летом, поэтому освещение используется чаще. В летний и весенний периоды потребление меньше, иногда почти вдвое, чем в другие месяцы.

В табл. 2 приведен пример сбора данных и расчет использованной электрической энергии за декабрь 2019 года.

Таблица 2 – Расчет потребленной электрической энергии за декабрь 2019г.⁴

Объект	№ счетчика	Тип счетчика	Номер согласно о/р	Показатели приборов учета		Разница	Коэф. учета	Потреблено, кВт
				6	7			
1	3	4	5	6	7	8	9	10
Квартиры 2-6 эт.	7852680	NIK2303L	1	3176	3575	399	80	27620
Квартиры 7-12 эт.	7852701	NIK2303L	2	4323	4745	422	80	28940
Квартиры 2-6 эт.	7852683	NIK2303L	3	2724	3098	374	80	26200
Квартиры 7-12 эт.	7852699	NIK2303L	4	4017	3629	294	80	20140
Насосная, котельная, рабочее освещение	8049460	NIK2303L	5	6115	6203	88	30	2640
Насосная, котельная, рабочее освещение	8049502	NIK2303L	6	2613	2958	345	30	10350
(Противопожарные устройства)	8049464	NIK2303L	7	9,36	9,36	0	40	0
(Противопожарные устройства)	8049501	NIK2303L	8	4760	4962	202	40	8080
Встроенные помещения офис 270.	7852688	NIK2303L	9	1236	1401	165	80	13200

⁴ Составлено авторами.

ВРП-7 вв.1.		АРК1Т	реактив.	12,9	12,9	0	80	0
Встроенные помещения офис 267, 268, 269.	8049462	NIK2303L	10	81,2	163	81,8	60	4908
ВРП-7 вв.2.		АРК1Т	реактив.	2,29	2,29	0	60	0

Расчет потребленной электроэнергии выполнен согласно тарифу 2,64 руб. / кВт ч. Расходы потребления горячей воды и отопления внесены в табл. 3 и 4
Таблица 3 – Потребление горячей воды в доме за 2019, 2020 года⁵

№	Месяц	2019		2020	
		куб. м	руб.	куб. м	руб.
1	Январь	261	32883,39	265	34068,4
2	Февраль	192	24190,08	194	24940,64
3	Март	182	22930,18	196	25197,76
4	Апрель	169	21292,31	306	39339,36
5	Май	156	19654,44	306	39339,36
6	Июнь	208	26205,92	309	39725,04
7	Июль	112	14398,72	243	32267,97
8	Август	116	14912,96	258	34259,82
9	Сентябрь	178	22883,68	201	26690,79
10	Октябрь	204	26226,24	210	27885,9
11	Ноябрь	249	32011,44	314	41696,06
12	Декабрь	270	34711,2	302	40102,58
Σ	Всего	2297	292300,56	3104	405513,68

Таблица 4 – Потребление энергии на отопление дома за 2019, 2020 года⁶

№	Месяц	2019		2020	
		Гкал.	руб.	Гкал.	руб.
1	Январь	354,22	615467,877	358,04	674189,32
2	Февраль	367,07	637795,137	329,63	620693,29
3	Март	201,33	349816,915	188,41	354776,03
4	Апрель	144,221	250588,314	107,27	201989,41
5	Май	0	0	0	0
6	Июнь	0	0	0	0
7	Июль	0	0	0	0
8	Август	0	0	0	0

⁵ Составлено авторами.

⁶ Составлено авторами.

9	Сентябрь	0	0	0	0
10	Октябрь	0	0	0	0
11	Ноябрь	192,15	349711,079	195,16	376487,059
12	Декабрь	292,12	531655,479	266,98	515036,458
Σ	Всего	1551,11	2735034,8	1445,49	2743171,57

Учитывая данные из табл. 4 можно проследить высокое потребление тепла в зимний период, включение отопления в доме происходит в начале ноября и завершается в середине апреля. Данные годового потребления представлены в виде диаграмм (рис.3).

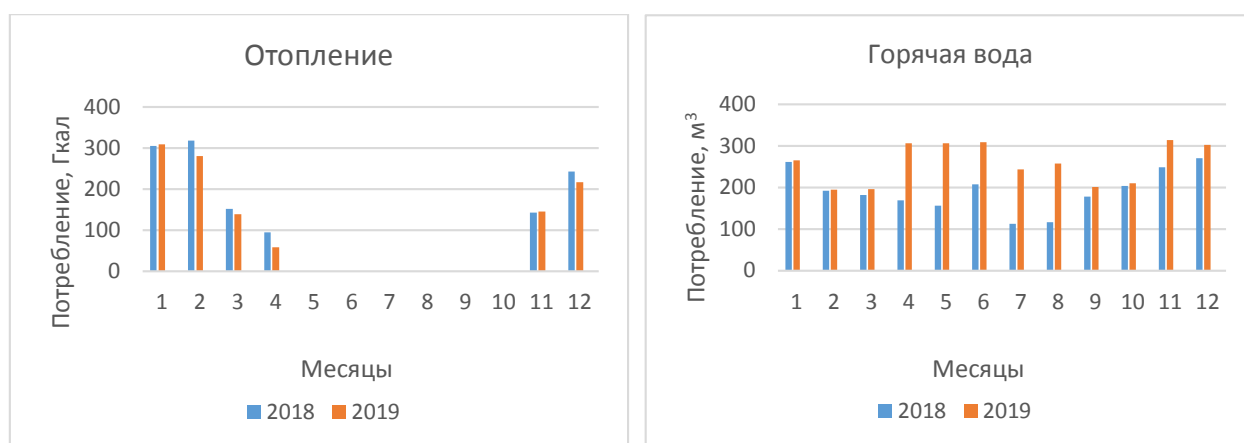


Рис.3 Диаграммы потребления отопления и ГВС⁷

Проанализировав вышеприведенные диаграммы можно сделать вывод о том, что потребление тепловой энергии жилым домом в 2019 году было немного больше, чем в 2020 году, но из-за роста тарифов в 2020 году на данный тип энергии общие затраты на оплату потребленного ресурса выросли.

Расходы потребления холодной воды сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Потребление холодной воды в доме за 2019 и 2020 г.⁸

№	Месяц	2019		2020	
		куб.м	руб	куб.м	руб
1	Январь	1607	31497,2	1576	40046,16
2	Февраль	1171	22951,6	1315	33414,15
3	Март	1413	27694,8	1212	30796,92
4	Апрель	1356	26577,6	1406	35726,46

⁷ Составлено авторами.

⁸ Составлено авторами.

5	Май	1202	23559,2	1534	38978,94
6	Июнь	1001	19619,6	1604	40757,64
7	Июль	983	20220,31	1605	41954,7
8	Август	1231	25321,67	1361	35576,54
9	Сентябрь	1459	30011,63	1389	36308,46
10	Октябрь	1272	26165,04	1412	36909,68
11	Ноябрь	1280	26329,6	1501	39236,14
12	Декабрь	1596	32829,72	1603	41902,42
Σ	Всего	15571	312778	17518	451608,2

Данные годового потребления холодного водоснабжения представлены в виде диаграмм (рис.4).



Рис.4 Диаграмма потребления ХВС⁹

На основании показателей годового потребления энергоресурсов дома за 2019 - 2020 г. ниже представлена структура расходов на их оплату (табл. 6)

Таблица 6 – Структура оплаты энергоносителей дома в 2019 году¹⁰

Тип коммунального ресурса	Расходы (руб.)		Расходы (%)	
	2019	2020	2019	2020
Холодная вода	312778	451608,2	5	7
Тепловая энергия	3027335,36	3148685,25	49	50
Электрическая энергия	2871388	2692956,9	46	43

Структуры затрат в % представлены в виде диаграмм (рис.5).

⁹ Составлено авторами.

¹⁰ Составлено авторами.

Рис.5 Диаграммы структуры оплаты энергоносителей¹¹

В работе проведено энергетическое обследование инженерных систем здания на основании определенных в статье показателей. В частности, были исследованы системы теплоснабжения, электроснабжения и холодного водоснабжения.

В процессе анализа системы теплоснабжения удалось установить, что система подачи теплоносителя в систему отопления однотрубная с верхней разводкой теплоносителя. Главными недостатками этой системы являются: невозможность регулирования теплоносителя, неравномерность нагрева отопительных элементов, расположенных на различном расстоянии от котла и их тесная взаимозависимость, ограниченное количество радиаторов, которые могут быть размещены на одном стояке. Это все приводит к тому, что в случае нарушения или изменения одного из элементов в системе, происходит сбой ее нормальной работы, а возможность ее регулирования либо невозможна, либо труднодоступна.

Такую ситуацию мы наблюдаем и на исследуемом объекте. По проекту в квартирах предусмотрены чугунные радиаторы с постоянным количеством секций и байпасом, но по факту большая часть радиаторов была модернизирована за счет увеличения количества секций и замены на биметаллические радиаторы. В некоторых квартирах байпас был демонтирован, радиаторы частично выведены

¹¹ Составлено авторами.

на балкон, что негативно повлияло на общий тепловой баланс жилого дома. Жители нижних этажей жалуются на падение температуры в помещениях ниже минимально-разрешенной, в том числе на снижение температуры радиаторов отопления в ночное время.

Эта проблема в свою очередь формирует проблемную ситуацию и с электроснабжением дома. Так как в периоды снижения температуры окружающей среды жители нижних этажей компенсируют недостаток отопления электронагревателями, что увеличивает нагрузку на электросети и приводит к увеличению электропотребления и сокращению срока эксплуатации электросетей.

Это подтверждается и показателями потребления энергетических ресурсов здания за последние два года, которые были проанализированы. В отопительный период, а также в межсезонье (март, октябрь, апрель), потребление электрической энергии в доме возрастает в 1,5-2 раза. В этой связи составленный баланс расходов энергоносителей показал, что наибольшая доля расходов идет на отопления дома и электроснабжение, то есть 43% на 50% за 2020 год соответственно. Учитывая все эти факторы система отопления дома требует модернизации и внедрения энергоэффективных мероприятий, что позволит уменьшить не только затраты на теплоснабжение дома, но и уменьшить нагрузку на систему электроснабжения.

Библиографический список:

1. Государственный доклад Минэкономразвития РФ «О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации». М., 2020. 117с // Официальный сайт Минэкономразвития РФ. URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901.pdf> (Дата обращения: 16.04.2021).

2. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ (последняя редакция) // СПС «КонсультантПлюс». URL: www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ Дата обращения: 16.04.2021).

3. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения. – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.

4. Васильев Г.П., Наумов А.Л., Евстратова Н.Д. Повышение энергоэффективности инженерного оборудования зданий. Стимулы и барьеры // Энергосбережение. №2. 2012. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5187 (Дата обращения: 16.04.2021).

5. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Оригинальность 75%