

Вероятностный и статистический подходы для учета неодновременности тепlopоступлений от людей в общественных зданиях

Немова Дарья Викторовна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией защищенных и модульных сооружений, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Горшков Ростислав Александрович, студент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Лезер Александр Юнасович, канд. экон. наук, директор Инженерного центра АО «Газпром промгаз»

Рымкевич Павел Павлович, докт. техн. наук, профессор кафедры физики, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Аннотация. Системы холодоснабжения общественных зданий часто проектируются со значительным запасом мощности. Это обусловлено двумя причинами. Во-первых, тем, что нагрузки рассчитываются по укрупненным показателям, во-вторых, тем, что в нормативной литературе отсутствуют методики расчета нагрузок на холодоснабжение зданий. Одной из составляющих теплового баланса зданий в теплый период года являются тепlopоступления от людей. В общественных зданиях тепlopоступления от людей, как правило, принимаются равными количеству сотрудников и посетителей, указанных в проектной документации. При этом не учитывается отсутствие части работников на рабочих местах в связи с нахождением их в расчетный период года в отпусках, командировках, либо работающих удаленно. Это приводит к завышению тепlopоступлений от людей в нагрузке холодоснабжения объекта проектирования. В рамках настоящего исследования рассмотрены два подхода, – вероятностный и статистический, которые позволяют корректно учесть отсутствие ряда сотрудников на рабочих местах путем введения соответствующего коэффициента одновременности. При установлении электрических нагрузок проектируемого объекта применение коэффициентов одновременности является распространенной практикой проектирования. Однако, при обосновании нагрузок на систему холодоснабжения такой подход нормативно не установлен. Это приводит к необоснованному завышению нагрузок холодоснабжения общественных зданий и соответствующему удорожанию здания. Предлагаемый авторами подход позволяет частично, – в части более корректного учета тепlopоступлений от людей, снизить необоснованный резерв нагрузки и тем самым сократить расходы на монтаж и эксплуатацию системы холодоснабжения здания.

Ключевые слова: здания общественного назначения, теплый период года, холодоснабжение, кондиционирование воздуха, теплопоступления от людей, коэффициент одновременности

Key words: public buildings, warm season, refrigeration, air conditioning, heat input from people, simultaneity coefficient

Введение

При определении мощности системы холодоснабжения здания максимальный расход холода на рассматриваемом объекте следует устанавливать на основании суточного баланса теплопоступлений в кондиционируемые помещения [1-8]:

- от солнечной радиации;
- за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха (в периоды, когда температура наружного воздуха выше внутренней);
- затрат холода на приготовление приточного воздуха в системе вентиляции, за вычетом теплосъема приточным воздухом теплоты в кондиционируемых помещениях;
- с инфильтрующимся воздухом;
- от людей;
- от источников искусственного освещения;
- от электрооборудования;
- от остывания горячей пищи и напитков (при размещении в здании предприятий общественного питания);
- с учетом потерь в оборудовании и трубопроводах системы холодоснабжения.

Из представленного выше перечня источников теплопоступлений видно, что одним из них являются теплопоступления от людей. В отопительный период теплопоступления от людей учитываются в тепловом балансе зданий и позволяют уменьшить отопительную нагрузку зданий. В теплый период года в зданиях, оборудованных системой кондиционирования воздуха,

теплопоступления от людей, наоборот, включаются в нагрузку и требуют компенсации со стороны системы кондиционирования.

Теплопоступления от людей определяются их теплопродукцией и зависят от:

- интенсивности (тяжести) выполняемой работы;
- температуры и влажности окружающего воздуха;
- подвижности воздуха;
- теплоизолирующих свойств одежды;
- паропроницаемости одежды;
- индивидуальных особенностей человека.

Различают так называемую явную, скрытую и полную теплоту, поступающую от людей в помещения. Явная теплота выделяется в помещении от людей за счет лучисто-конвективного теплообмена человека с воздухом и внутренними поверхностями помещения, скрытая теплота – за счет испарения с поверхности кожи и выделения влаги с выдыхаемым воздухом. Полная теплота равна сумме явной и скрытой теплоты.

Количество тепла и влаги, выделяемых взрослыми людьми (мужчинами), в зависимости от их физической нагрузки и температуры воздуха в помещении, приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество тепла и влаги, выделяемых взрослыми людьми в зависимости от физической нагрузки и температуры воздуха в помещении [2]

	Температура воздуха в помещении, °С					
	10	15	20	25	30	35
В состоянии покоя:						
Тепло, ккал/ч:						
- явное	120	100	75	50	35	10
- скрытое	20	25	25	30	45	70
- полное	140	125	100	80	80	80
Влага, г/ч	30	40	40	50	75	115
При легкой работе:						
Тепло, ккал/ч:						
- явное	130	105	85	55	35	5
- скрытое	25	30	45	70	90	120
- полное	155	135	130	125	125	125
Влага, г/ч	40	55	75	115	150	200
При работе средней тяжести:						

Тепло, ккал/ч:						
- явное	140	115	90	60	35	5
- скрытое	45	65	85	110	135	165
- полное	185	180	175	170	170	170
Влага, г/ч	70	110	140	185	230	280
При тяжелой работе:						
Тепло, ккал/ч:						
- явное	170	140	110	80	45	10
- скрытое	80	110	140	170	205	240
- полное	250	250	250	250	250	250
Влага, г/ч	135	185	240	295	355	415

Принято считать, что взрослые женщины выделяют 85 %, а дети в среднем 75 % тепла и влаги по сравнению с мужчинами [2].

В монографии [3] тепlopоступления от людей $Q_{я}^л$, Вт, предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$Q_{я}^л = q_{я} \cdot n, \quad (1)$$

где $q_{я}$ – явные тепловыделения одним человеком, Вт/чел;

n – количество людей для данного часа суток, чел.

В справочном пособии [4] тепlopоступления от людей предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$Q_{л.я} = q_{я_пок} \cdot n_{пок} + q_{я_л.р.} \cdot n_{л.р.} + q_{я_ср.т.} \cdot n_{ср.т.}, \quad (2)$$

где $q_{я_пок}$, $q_{я_л.р.}$, $q_{я_ср.т.}$ – количество явной теплоты, выделяемой человеком соответственно в покое, при легкой работе (л.р.) и при работе средней тяжести (ср.т.), Вт/(ч·чел);

$n_{пок}$, $n_{л.р.}$, $n_{ср.т.}$ – число людей, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой и работой средней тяжести.

Таким образом, авторы работ [3, 4] предлагают учитывать только явные тепловыделения от людей. Это не всегда обосновано применительно к общественным зданиям. Например, в ресторанах и кухнях полного цикла рекомендуется принимать полные теплоизбытки от людей.

В связи с чем формула (2) для таких случаев может быть преобразована к виду:

$$Q_{л} = Q_{л.я} + Q_{л.п}, \quad (3)$$

где $Q_{л.я}$ – то же, что и в формуле (2);

$Q_{л.п}$ – количество полной теплоты, выделяемой некоторым количеством работников в здании; определяется по формуле (2) с заменой нижнего индекса «я» на «п».

В этой связи формулу (2) предлагается преобразовать к следующему более общему виду:

$$Q_{л} = q_{пок}^я \cdot n_{пок}^я + q_{л.р.}^я \cdot n_{л.р.}^я + q_{ср.т.}^я \cdot n_{ср.т.}^я + q_{пок}^н \cdot n_{пок}^н + q_{л.р.}^н \cdot n_{л.р.}^н + q_{ср.т.}^н \cdot n_{ср.т.}^н = \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot n_i^j, \quad (4)$$

где $q_{пок}^я$, $q_{л.р.}^я$, $q_{ср.т.}^я$ – количество явной теплоты, выделяемой человеком соответственно в состоянии покоя, при легкой работе (л.р.) и при работе средней тяжести (ср.т.), Вт/(ч·чел);

$n_{пок}^я$, $n_{л.р.}^я$, $n_{ср.т.}^я$ – число людей с явными тепловыделениями, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой и работой средней тяжести;

$q_{пок}^н$, $q_{л.р.}^н$, $q_{ср.т.}^н$ – количество полной теплоты, выделяемой человеком соответственно в покое, при легкой работе (л.р.) и при работе средней тяжести (ср.т.), Вт/(ч·чел);

$n_{пок}^н$, $n_{л.р.}^н$, $n_{ср.т.}^н$ – число людей с полными тепловыделениями, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой и работой средней тяжести.

Нижний индекс i в формуле (4) показывает категорию выполняемой сотрудником или посетителем общественного здания работы (легкой, средней тяжести или состояния покоя), верхний индекс j – качество тепловыделений, поступающих от людей в помещения (явные или полные) в зависимости от условий их работы.

С учетом гендерных и возрастных различий сотрудников или посетителей рассматриваемого здания формула (4) может быть преобразована к виду:

$$Q_{\text{л}} = \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot m_i^j + 0.85 \cdot \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot f_i^j + 0.85 \cdot \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot c_i^j, \quad (5)$$

где q_i^j – то же, что и в формуле (4), Вт/чел;

m_i^j , f_i^j , c_i^j – расчетное количество соответственно мужчин, женщин и детей, работающих или посещающих данное общественное здание (при наличии таких сведений в проектной документации), чел.

Очень часто мощность системы холодоснабжения общественных зданий принимается по некоторым укрупненным показателям, т.е. со значительным запасом (резервом), что искажает проектные параметры системы, в том числе показатели окупаемости инвестиций (если имело место сравнение различных вариантов ее устройства).

В этой связи для уменьшения неиспользуемых объектами резервов холода и соответственно, повышения эффективности систем холодоснабжения, требуется поиск решений, позволяющих произвести более точный учет теплоступлений. При учете теплоступлений от людей в качестве источника одного из путей снижения необоснованных резервов мощности системы холодоснабжения предлагается рассматривать неодновременность нахождения части сотрудников на рабочих местах в расчетном месяце года.

При определении расчетных электрических нагрузок используется коэффициенты одновременности и спроса, учитывающие неодновременное использование всех электроприемников в здании (раздел 7 СП 256.1325800).

При расчете мощности системы холодоснабжения в качестве расчетных условий выбирается наиболее теплый месяц года. Для большинства населенных пунктов расчетные условия приходятся на июль, когда многие сотрудники предпочитают находиться в отпусках. В этой связи при определении нагрузок холодоснабжения проектируемого объекта также следует учитывать неодновременность пребывания части сотрудников на рабочих местах в расчетный период года с введением соответствующего коэффициента. Его обоснованию посвящено настоящее исследование.

В работе предлагаются два подхода к учету неодновременности нахождения всех сотрудников в расчетный месяц года на рабочих местах:

- вероятностный;
- статистический.

Статистический подход целесообразно использовать при наличии сведений о режиме отпусков сотрудников в течение года, в том числе в наиболее теплый месяц года, для которого осуществляется расчет мощности холодильного центра и нагрузки на охлаждение объекта. При отсутствии таких сведений возможно применение вероятностного подхода.

Рассмотрим их более подробно.

Вероятностный подход

Вероятностный подход основан на оценке вероятности нахождения определенного количества сотрудников в отпуске, приходящемся на расчетный месяц года (как правило, на июль).

Первый случай: с отпуском, разделённым на две части, равномерно распределенными в течение года.

В году в среднем 247 рабочих дней и, следовательно, 247 различных вариантов отпуска. Один конкретный отпуск исключает $(n_{omn.1} + n_{omn.2} - 1)$ возможных рабочих дней для второго отпуска, где $n_{omn.1}$ – это продолжительность первого отпуска в рабочих днях и ещё не менее, чем за $(n_{omn.2} - 1)$ рабочих дней до первого отпуска, можно взять второй отпуск продолжительностью $n_{omn.2}$ рабочих дней так, чтобы они не пересекались (праздничные дни здесь не учитываются, так как продолжительность любого отпуска, на который приходится праздничные дни, будет составлять ровно 10 рабочих дней). Таким образом имеем 247 вариантов для первого отпуска и 228 вариантов $(247 - (n_{omn.1} + n_{omn.2} - 1))$ – для второго. Итого получается $247 \times (247 - n_{omn.1} + 1)$ возможных комбинаций отпусков в течение календарного года.

На один рабочий день в июле приходится $n_{omn.1}$ вариантов размещения первого отпуска и на каждый из них по $(247 - n_{omn.} + 1)$ вариантов размещения второго отпуска, и соответственно $n_{omn.2}$ и $(247 - n_{omn.} + 1)$ вариантов – для второго отпуска.

Итого имеем $n_{omn.1} \cdot (247 - n_{omn.} + 1) + n_{omn.2} \cdot (247 - n_{omn.} + 1)$ вариантов комбинаций отпусков, которые выпадают на этот день.

Тогда вероятность того, что сотрудник будет находиться в офисе в конкретный день июля равна:

$$P_{июль} = 1 - \frac{n_{omn.1} \cdot (247 - n_{omn.} + 1) + n_{omn.2} \cdot (247 - n_{omn.} + 1)}{247 \cdot (247 - n_{omn.} + 1)}. \quad (6)$$

Формула (6) может быть упрощена и приведена к виду:

$$P_{июль} = 1 - \frac{n_{omn.}}{247}, \quad (7)$$

где $n_{omn.} = (n_{omn.1} + n_{omn.2})$ – количество дней отпуска в году, приходящихся на рабочие дни;

247 – количество рабочих дней в году.

Формула (7) для рассматриваемого случая может быть приведена к следующему общему виду:

$$P_{июль} = 1 - \frac{n_{omn.}}{N_{раб.}}, \quad (8)$$

где $n_{omn.}$ – то же, что и в формуле (7);

$N_{раб.}$ – количество рабочих дней в году.

Второй случай: с одним двухнедельным отпуском, целиком попадающем на летние рабочие дни, и одним, приходящимся на оставшиеся девять месяцев в году.

За летний период 64 или 65 рабочих дней, в зависимости от дня недели, с которого начинается лето (13 полных недель – это 65 рабочих дней, 12 июня – праздник и ещё один дополнительный 92-ой день лета, который за 7 лет 5 раз

становится рабочим днём, когда выпадает на понедельник-пятницу и 2 раза выходным на субботу или воскресенье). В среднем за последние 7 лет за одно лето включает 64 рабочих дня при пятидневной рабочей неделе. При продолжительности отпуска в 10 рабочих дней или 2 недели, отпуск, целиком попадающий на лето, не может начинаться в последние 9 рабочих дней, так как тогда хотя бы один рабочий день, попавший в отпуск, приходится на сентябрь. Итого в среднем за лето получается 55 рабочих дней (при пятидневной рабочей неделе), которые могут рассматриваться в качестве первого дня отпуска, целиком попадающего на летние рабочие дни.

Рассмотрим любой рабочий день в июле. Он может попасть только в 10 различных вариантов отпуска, так как два разных варианта отпуска начинаться с одного рабочего дня не могут и все возможные варианты отпуска начинаются со всех возможных рабочих дней.

Итого 10 отпусков из 55 при пятидневной рабочей неделе в среднем выпадают на каждый рабочий день в июле. Вероятность того, что летний отпуск работника не выпадет на конкретный день в июле равна:

$$P_{\text{июль}} = 1 - \frac{10}{55} = 0.82. \quad (9)$$

Общая формула при этом может быть выражена следующим образом:

$$P_{\text{июль}} = 1 - \frac{n_{\text{отп.}(л)}}{N_{\text{раб.}(л)} - n_{\text{отп.}(л)} + 1}, \quad (10)$$

где $n_{\text{отп.}(л)}$ – продолжительность летнего отпуска;

$N_{\text{раб.}(л)}$ – общее количество рабочих дней в летний период.

Полученное значение вероятности может быть рассмотрено в качестве коэффициента одновременности $K_o^л$, учитывающего отсутствие на рабочих местах части сотрудников, находящихся в отпусках в наиболее теплый месяц года (применительно для климатических условий Москвы и Санкт-Петербурга – в июле), т.е.:

$$P_{\text{июль}} = K_o^л. \quad (11)$$

В реальных условиях количество отпускников в июле, как правило, выше по сравнению с другими месяцами года, особенно не приходящимися на летние месяцы. Ввиду чего полученная оценка теплоступлений от людей является завышенной и может быть уточнена на основании фактического заполнения помещений в наиболее теплый месяц года. К сожалению в литературе отсутствуют сведения о распределении отпусков российских граждан по месяцам года. По данным исследования [9] 51 % россиян выбирают июль для проведения отпуска.

Кроме того, часть сотрудников в расчетный период могут находиться в местных или загородных командировках, в лечебном учреждении, работать удаленно, а загрузка общественных пространств может оказаться не полной. Однако, вероятностный подход для обоснования таких случаев невозможно обобщить для всех типов организаций. В зависимости от вида их деятельности количество таких случаев может в значительной степени отличаться.

Целый ряд общественных зданий, например, учебные заведения, в июле, как правило, не осуществляют основной вид своей деятельности, в связи с чем в расчетный период года (наиболее теплый месяц) в них значительно снижается количество преподавателей и учащихся. Это обстоятельство также следует учитывать при использовании вероятностного подхода.

Статистический подход

Статистический подход основан на данных фактического отсутствия работников в расчетный месяц года и может быть применен при наличии соответствующих данных от отдела кадров конкретной организации.

Ниже показан пример расчета коэффициента одновременности K_o^l , учитывающего отсутствие ряда сотрудников, находящихся в отпусках в пределах расчетного месяца года (июля).

Исходные данные для расчета:

- общее количество сотрудников – 19 чел.;
- количество отпускников: 8 чел, из них:

- 1 человек находился в отпуске в период 01.07 – 31.07 (по уходу за ребенком);
- 1 человек: 01.07 – 04.07;
- 3 человека: 05.07 – 18.07;
- 1 человек: 06.07 – 19.07;
- 1 человек: 19.07 – 25.07;
- 1 человек: 26.07 – 31.07.

Распределение отпускников по датам отпусков в июле, с учетом пересечений отпусков отдельными сотрудниками, представлено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение отпускников по датам отпусков в июле

Даты	Кол-во дней	Кол-во отпускников в июле	$K_{0,i}^л$
01.07 – 04.07	4	2	0.89
05.07	1	4	0.79
06.07 – 18.07	13	5	0.74
19.07	1	3	0.84
20.07 – 25.07	6	2	0.89
26.07 – 31.07	6	2	0.89

На основании представленных в таблице 2 данных рассчитаем средневзвешенный коэффициент одновременности:

$$K_o^л = \frac{4 \cdot 0.89 + 1 \cdot 0.79 + 13 \cdot 0.74 + 1 \cdot 0.84 + 6 \cdot 0.89 + 6 \cdot 0.89}{31} = 0.82. \quad (12)$$

Видим, что результаты расчета полностью совпали со вторым случаем вероятностного подхода, что нельзя считать закономерностью. Это может быть обусловлено тем, что расчет выполнен всего по одному календарному году. Для более точного учета количества отпускников в июле в целях применения статистического подхода при учете распределения количества отпускников в июле следует использовать статистические данные за более длительный период времени (например, за три года).

В самом обобщенном случае формула (12) может быть приведена к виду:

$$K_o^л = \frac{\sum_{i=1}^n k_{0,i} \cdot \left(\frac{n_i^{июль}}{n_{comp}} \right)}{31} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{0,i} \cdot K_{0,i}^л}{31}, \quad (13)$$

где $k_{0,i}$ – количество дней в июле, на которое приходится заданное количество одновременно находящихся в отпуске сотрудников;

$n_i^{июль}$ – среднестатистическое количество отпускников в рассматриваемой организации в июле;

n_{comp} – общее количество сотрудников в организации.

Аналогичный результат может быть получен при использовании следующего выражения:

$$K_o^л = 1 - \frac{\sum_{(i)} n_{отп,i}^{н.т.м.}}{n_{н.т.м.} \cdot m_{comp}}, \quad (14)$$

где $\sum_{(i)} n_{отп,i}^{н.т.м.}$ – количество дней i -го сотрудника в отпуске, приходящегося на наиболее теплый месяц (н.т.м.) года;

$n_{н.т.м.}$ – продолжительность наиболее теплого месяца года (июля – 31 день);

m_{comp} – общее количество сотрудников.

Для рассматриваемого примера:

- $\sum_{(i)} n_{отп,i}^{н.т.м.} = 104;$

- $n_{н.т.м.} = 31;$

- $m_{comp} = 19.$

Тогда

$$K_o^л = 1 - \frac{\sum_{(i)} n_{отп,i}^{н.т.м.}}{n_{н.т.м.} \cdot m_{comp}} = 1 - \frac{104}{31 \cdot 19} = 0.82.$$

В монографии З.А. Меликяна [10] коэффициент учета неодновременности пребывания людей в помещениях K_l , рекомендуется принимать равным $0,58 \div 0,65$, но относится эта рекомендации, вероятно, к жилым зданиям, т.к. учитывает норму площади на одного человека f :

$$q_{\bar{o}} = \frac{0.021 \cdot K_l}{f} + \frac{0.014 \cdot K_{\bar{o}}}{K_v}, \quad (15)$$

где $K_{л}$, $K_{б}$ – соответственно коэффициенты учета неодновременности пребывания людей (л) и работы бытового оборудования (б);

f – норма жилой площади на одного человека;

K_v – объемный коэффициент здания, показывающий отношение строительного объема здания к суммарной его площади.

Заключительные положения

Тогда, с учетом вышесказанного, формула корректного учета теплопоступлений от людей в проектируемом общественном здании может быть выражена следующим образом:

$$Q_{л}^p = K_o^n \cdot \left(\sum_{(i,j)} q_i^j \cdot m_i^j + 0.85 \cdot \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot f_i^j + 0.85 \cdot \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot c_i^j \right), \quad (16)$$

где K_o^n – коэффициент одновременности, учитывающий отсутствие на рабочих местах ряда сотрудников, находящихся в наиболее теплый месяц года в отпусках;

q_i^j – то же, что и в формуле (4), Вт/чел;

m_i^j , f_i^j , c_i^j – то же, что и в формуле (5), чел, соответствующего пола и возраста.

При отсутствии сведений о гендерных и возрастных отличиях сотрудников и посетителей общественного здания теплопоступлений от людей следует рассчитывать по формуле:

$$Q_{л}^p = K_o^n \cdot \sum_{(i,j)} q_i^j \cdot n_i^j. \quad (17)$$

При отсутствии фактических сведений об использовании сотрудниками проектируемого объекта отпусков в наиболее теплый месяц года следует использовать вероятностный подход при определении коэффициента K_o^n , при наличии таких сведений – статистический.

Вывод

Получено выражение, позволяющее более корректно определить теплопоступления от людей в общественном здании с учетом их гендерных и возрастных различий, характера и интенсивности выполняемой ими работы и коэффициента одновременности, учитывающего отсутствие на рабочих местах ряда сотрудников, находящихся в расчетный период года в отпусках.

Приведены два подхода, – вероятностный и статистический, позволяющие оценить вероятность и относительную частоту количества одновременно работающих в здании сотрудников в расчетное время года.

Более корректный и точный учет теплопоступлений от людей в здании позволяет уменьшить необоснованный резерв мощности холодильного оборудования при проектировании общественного здания.

Список литературы

1. Табунщиков Ю.А., Голубничий Л.П., Ефимов Ю.Н. и др. Инженерное оборудование зданий и сооружений: Учеб. Для вузов по спец. «Архитектура» / Ю.А. Табунщиков, Л.П. Голубничий, Ю.Н. Ефимов и др.; Под ред. Ю. А. Табунщикова. – М., Высш. Шк., 1989. – 238 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3 / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др. Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
3. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М.: Евроклимат, 2003. – 400 с.
4. Стомахина Г.И., Бобровицкий И.И., Малявина Е.Г., Плотникова Л.В. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: Справочное пособие. – М.: Пантори, 2003. – 308 с.
5. Nonstationary thermal conduction through the building envelope / N. Vatin, A. Gorshkov, P. Rymkevich [et al.] // Applied Mechanics and Materials. –

2014. – Vol. 670-671. – P. 365-369. – DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.670-671.365.
6. Energy efficiency of facades at major repairs of buildings / N. Vatin, A. Gorshkov, D. Nemova, D. Tarasova // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 633-634. – P. 991-996. – DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.633-634.991.
7. Горшков А.С., Рымкевич П.П. Диаграммный метод описания процесса нестационарной теплопередачи // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 8(60). – С. 68-82. – DOI 10.5862/MCE.60.8.
8. Рымкевич П.П., Горшков А.С. Теория переноса. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2015. – 122 с.
9. Когда и где чаще всего отдыхают россияне // HeadHunter. 2019. 27 мая. URL: <https://spb.hh.ru/article/24685?ysclid=ltlyw31nur338033483> (дата обращения: 10.03.2024).
10. Меликян З.А. Централизованное теплоснабжение гражданских и промышленных сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 200 с.