

РЕСТАВРАЦИЯ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Издательство МИСИ – МГСУ

А.А. Мелехин

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕСТАВРАЦИИ

Учебно-методическое пособие



ISBN 978-5-7264-2302-9

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.А. Мелехин

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕСТАВРАЦИИ

Учебно-методического пособия

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

ISBN 978-5-7264-2302-9

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2020

УДК 697
ББК 38.683
М47

Рецензенты:

доктор технических наук *М.Н. Чекардовский*,
профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Тюменского индустриального университета;
кандидат технических наук *С.А. Тихомиров*,
доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции МГСУ

Мелехин, А.А.

М47 Инженерные системы объектов реконструкции и реставрации [Электронный ресурс]: учебно-методического пособие / А.А. Мелехин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции. — Электрон. дан. и прогр. (4,2 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2302-9 (сетевое)

ISBN 978-5-7264-2303-6 (печатное)

В учебно-методическом пособии приводятся расчеты тепловых потоков на теплоснабжение зданий — объектов реконструкции и реставрации по укрупненным параметрам объекта.

Для обучающихся по направлению подготовки 07.03.02 Реконструкция и реставрация архитектурного наследия.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	
Практическое задание № 1. Корректировка теплового потока на отопление здания в зависимости от изменения наружного воздуха.....	6
Практическое задание № 2. Определение теплового потока (часового) на отопление здания.....	6
Практическое задание № 3. Определение теплового потока на отопление здания за месяц (год).....	7
Практическое задание № 4. Расчет теплового потока на отопление здания по теплоотдающей поверхности радиаторов (конвекторов)	7
Практическое задание № 5. Корректировка теплового потока на вентиляцию здания в зависимости от изменения наружного воздуха.....	7
Практическое задание № 6. Определение теплового потока (часового) на вентиляцию	8
Практическое задание № 7. Определение теплового потока на вентиляцию здания за месяц (год).....	8
Практическое задание № 8. Расчет теплового потока на вентиляцию по теплоотдающей поверхности вентиляционной установки.....	8
Практическое задание № 9. Расчет теплового потока (часового) на горячее водоснабжение	9
Практическое задание № 10. Расчет теплового потока (часового) на горячее водоснабжение в межотопительный период	9
Практическое задание № 11. Расчет тепловых потерь трубопроводами системы горячего водоснабжения.....	9
Практическое задание № 12. Определение расчетных расходов теплоносителя в системе отопления.....	10
Практическое задание № 13. Определение расчетных расходов теплоносителя в системе вентиляции	10
Практическое задание № 14. Определение расчетных расходов теплоносителя в системе горячего водоснабжения	10
Практическое задание № 15. Расчет тепловых потерь с ограждающих конструкций зданий по данным тепловизионной съемки.....	11
Практическое задание № 16. Расчет параметров для энергетического паспорта здания. Определение класса энергоэффективности здания	13
Практическое задание № 17. Анализ технико-экономической эффективности предлагаемых решений при реконструкции и реставрации	14
САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	
Самостоятельная работа № 1. Пример расчета теплового потока на вентиляцию по теплоотдающей поверхности вентиляционной установки.....	17
Самостоятельная работа № 2. Пример расчета тепловых потерь с поверхностями трубопроводов горячего водоснабжения, проложенных внутри зданий	17

Самостоятельная работа № 3. Определение тепловой мощности системы отопления по характеристикам ограждающих конструкций	18
Самостоятельная работа № 4. Определение тепловых потерь на нагрев инфильтрующегося воздуха	18
Самостоятельная работа № 5. Определение теплового потока на здание	19
Самостоятельная работа № 6. Пример расчета тепловых потерь в наружных трубопроводах систем теплоснабжения.....	20
Самостоятельная работа № 7. Пример теплотехнического расчета ограждающих конструкций (стен, перекрытий, окон) при реконструкции (реставрации)	20
Самостоятельная работа № 8. Подбор оконных блоков	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	25

ВВЕДЕНИЕ

В учебно-методическом пособии приводится материал и рекомендации для подготовки к практическим занятиям и самостоятельной работе, цель которой — приобретение студентами практических навыков расчетов тепловых потоков на теплоснабжение зданий объектов реконструкции и реставрации по укрупненным параметрам объекта.

При реконструкции или реставрации часто отсутствуют данные по тепловым нагрузкам на здания по причине утери проектной документации или изменения отопляемого объема. В таком случае расчет максимальных часовых, месячных и годовых тепловых нагрузок на здания можно вести по формулам, представленным в данном пособии. Кроме того, в качестве обоснования для реконструкции и реставрации может быть использована классификация зданий по классам энергоэффективности [1]. Приведен расчет тепловых потерь с ограждающих конструкций зданий по результатам тепловизионной съемки. Удельные тепловые потоки на отопление и вентиляцию рассчитаны по данным статистического анализа проектной документации в соответствии с СП 50.13330.2012 (табл. 3, 4) для зданий после 2000 г. постройки и по данным МДС 41.4.2000 для зданий до 2000 г. постройки (табл. 6–8).

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Практическое задание № 1.

Корректировка теплового потока на отопление здания в зависимости от изменения наружного воздуха

При изменении расчетной наружной температуры наружного воздуха [1] тепловой поток (часовой) на отопление здания определяется по формуле

$$Q_o = Q_{o.исх} \frac{t_b - t_n}{t_b - t_{n.исх}},$$

где Q_o — тепловой поток на отопление здания, Вт; $Q_{o.исх}$ — исходный тепловой поток на отопление здания, Вт; t_b — температура воздуха в отопляемых помещениях, °С (принимается в соответствии с табл. 2 прил.); t_n — температура наружного воздуха для проектирования системы отопления согласно [1], °С; $t_{n.исх}$ — исходная температура наружного воздуха для проектирования, °С.

Практическое задание № 2.

Определение теплового потока (часового) на отопление здания

При проведении реконструкций (реставраций) часто отсутствует проектная документация на разделы ОВ (отопление, вентиляция). В этом случае тепловой поток на отопление здания (часовой) можно определить по следующей формуле [5]:

$$Q_o = \alpha V q_o (t_b - t_n) (1 + K_n),$$

где α — поправочный коэффициент (принимается в соответствии с табл. 1 прил.); V — строительный отопляемый объем, м³; q_o — удельный тепловой поток на отопление здания по формуле (1) (или принимается в соответствии с табл. 3, 4, 6, 7 прил.), Вт/м³·°С; t_b — температура воздуха в отопляемом помещении в соответствии с [2] (или принимается в соответствии с табл. 2 прил.); t_n — температура наружного воздуха для проектирования отопления в соответствии с [1], °С; K_n — коэффициент инфильтрации воздуха на отопление зданий по формуле (2).

Удельный тепловой поток на отопление здания q_o , Вт/м³·°С, можно определить по формуле:

$$q_o = \frac{1}{\sqrt[n]{V}}, \quad (1)$$

где n — коэффициент по табл. 3, 4 (прил.); V — отопляемый строительный объем, м³, или по табл. 6, 7 для зданий, построенных до 2000 г.

Коэффициент инфильтрации воздуха на отопление зданий определяется по формуле

$$K_{\text{н}} = 0,001 \sqrt{2gL \left(1 - \frac{273 + t_{\text{н}}}{273 + t_{\text{в}}}\right) + \omega^2}, \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения, м/с²; L — высота здания, м; ω — средняя скорость ветра в отопительный период по данным [1], м/с.

Практическое задание № 3. Определение теплового потока на отопление здания за месяц (год)

Тепловой поток на отопление здания за месяц $Q_{\text{о.м}}$, Вт, определяется по следующей формуле:

$$Q_{\text{о.м}} = Q_0 n \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{ср.м}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}},$$

где Q_0 — часовой тепловой поток на отопление здания, Вт; n — наработка системы отопления в месяц, ч; $t_{\text{в}}$ — температура воздуха в отапливаемом здании (принимается в соответствии с табл. 2 прил. 1 или по [2]), °С; $t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха для проектирования системы отопления по [1], °С; $t_{\text{ср.м}}$ — среднемесячная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления по [1], °С.

Практическое задание № 4. Расчет теплового потока на отопление здания по теплоотдающей поверхности радиаторов (конвекторов)

Тепловой поток на отопление здания можно определить по теплоотдающей поверхности радиаторов (конвекторов):

$$Q = kF \Delta t,$$

где k — коэффициент теплопередачи радиаторов (конвекторов), принимается по табл. 13 прил., Вт/м²·°С; F — площадь теплоотдающей поверхности радиаторов (конвекторов), м² (принимается в соответствии с табл. 6 прил.); Δt — температурный перепад, °С.

Температурный перепад определяются по следующей формуле:

$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2}{2} - t_{\text{в}},$$

где t_1 и t_2 — температура на входе и выходе теплоносителя, °С; $t_{\text{в}}$ — температура воздуха в отапливаемом помещении, °С.

Практическое задание № 5. Корректировка теплового потока на вентиляцию здания в зависимости от изменения наружного воздуха

При изменении расчетной наружной температуры наружного воздуха [1] тепловой поток (часовой) $Q_{\text{в}}$, Вт, определяется по формуле

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{в.исх}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н.исх}}},$$

где $Q_{\text{в.исх}}$ — исходный расчетный тепловой поток на вентиляцию здания (часовой), Вт; $t_{\text{в}}$ — температура воздуха в отапливаемых помещениях, °С (принимается в соответствии с табл. 2 прил.) или по [2]; $t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха для проектирования системы вентиляции (принимается по [1]), °С; $t_{\text{н.исх}}$ — исходная температура наружного воздуха для проектирования системы вентиляции, °С.

Практическое задание № 6. Определение теплового потока (часового) на вентиляцию

При проведении реконструкций (реставраций) часто отсутствует проектная документация на разделы ОВ (отопление, вентиляция); в этом случае тепловой поток на вентиляцию здания (часовой) можно определить по следующей формуле [5]:

$$Q_o = \alpha V q_v (t_b - t_{н.р}),$$

где α — поправочный коэффициент по табл. 1; V — строительный отапливаемый объем, м³; q_v — удельный тепловой поток на вентиляцию здания (принимается в соответствии с табл. 5, 8 прил.), Вт/м³·°С; t_b — температура воздуха в отапливаемом помещении (принимается в соответствии с табл. 2 прил.); $t_{н.р}$ — температура наружного воздуха для проектирования вентиляции в соответствии с [1], °С.

Практическое задание № 7. Определение теплового потока на вентиляцию здания за месяц (год)

Тепловой поток на вентиляцию здания за месяц (год) определяется по следующей формуле:

$$Q_{в.м} = Q_v n \frac{t_b - t_{ср.м}}{t_b - t_n},$$

где Q_v — тепловой поток (часовой) на вентиляцию здания, Вт; n — наработка системы вентиляции в месяц, ч; t_b — температура воздуха в отапливаемых помещениях (принимается в соответствии с табл. 2 прил.); t_n — температура наружного воздуха для проектирования системы вентиляции по [1], °С; $t_{ср.м}$ — среднемесячная температура наружного воздуха для проектирования системы вентиляции по [1], °С.

Практическое задание № 8. Расчет теплового потока на вентиляцию по теплоотдающей поверхности вентиляционной установки

Тепловой поток на вентиляцию можно определить по площади теплоотдающей поверхности вентиляционной установки и ее параметрам:

$$Q = kF \Delta t,$$

где k — коэффициент теплопередачи теплоотдающей поверхности вентиляционной установки (табл. 14 прил.), Вт/м²·°С; F — площадь теплоотдающей поверхности вентиляционной установки (принимается в соответствии с табл. 6 прил.), м²; Δt — температурный перепад, °С.

Температурный перепад определяется по следующей формуле:

$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{\tau_1 + \tau_2}{2},$$

где t_1 и t_2 — температура теплоносителя на входе и выходе вентиляционной установки, °С; τ_1 и τ_2 — соответственно расчетные значения температуры воздуха на входе и выходе вентиляционной установки, °С.

Коэффициент теплопередачи определяется по следующей формуле, Вт/м²·°С:

$$K = 21 \nu \rho^{0,37} \omega^{0,18},$$

где $\nu \rho$ — массовая скорость воздуха, кг/м²·с (принимается по установленному вентилятору); ω — скорость теплоносителя (принимается по установленному насосному оборудованию), м/с.

Практическое задание № 9.
Расчет теплового потока (часового) на горячее водоснабжение

Средний тепловой поток (часовой) на горячее водоснабжение $Q_{г.ср}$, Вт, определяется по формуле

$$Q_{г.ср} = \frac{aN(55 - t_{х.з})}{24} + Q_{т.п},$$

где a — суточная норма затрат воды на горячее водоснабжение абонента, л ([3], колонка 5 табл. А2); N — количество пользователей; $t_{х.з}$ — температура холодной водопроводной воды в отопительный период, °С; $Q_{т.п}$ — тепловые потери (часовые) в подающем и циркуляционном трубопроводах наружной сети горячего водоснабжения, Вт.

Практическое задание № 10.
**Расчет теплового потока (часового) на горячее водоснабжение
в межотопительный период**

Тепловой поток (часовой) на горячее водоснабжение в межотопительный период определяется по формуле, Вт:

$$Q_{г.ср.л} = Q_{г.ср.з} \beta \frac{t_{г.л} + t_{х.л}}{t_{г.з} - t_{х.з}}, \quad (3)$$

где $Q_{г.ср.з}$ — тепловой поток (часовой) на горячее водоснабжение в отопительный период, Вт; β — коэффициент, учитывающий снижение средней часовой нагрузки горячего водоснабжения в межотопительный период по сравнению с нагрузкой в отопительный период; при отсутствии утвержденного значения β принимается равным 0,8 для жилищно-коммунального сектора, 1,2...1,5 — для курортных, южных городов и населенных мест, для предприятий — 1,0; $t_{г.л}$, $t_{г.з}$ — температура горячей воды соответственно в межотопительный и отопительный период, °С; $t_{х.л}$, $t_{х.з}$ — температура холодной водопроводной воды соответственно в межотопительный и отопительный период, °С; при отсутствии достоверных сведений принимается $t_{х.л} = 15$ °С, $t_{х.з} = 5$ °С.

Практическое задание № 11.
**Расчет тепловых потерь
трубопроводами системы горячего водоснабжения**

Тепловые потери трубопроводами системы горячего водоснабжения могут быть определены по формуле

$$Q_{т.п} = \left[\frac{\sum K_i d_i l_i (t_n + t_k)}{2} - t_{окр} \right] (1 - \eta),$$

где K_i — коэффициент теплопередачи участка неизолированной трубы, Вт/м² · °С (принимается по табл. 9, 10); d_i — диаметр трубопровода на участке, м; l_i — длина участка, м; t_n и t_k — температура горячей воды в начале и конце расчетного участка трубы, °С; η — коэффициент полезного действия тепловой изоляции трубопроводов; принимается для трубопроводов диаметром до 32 мм $\eta = 0,6$; 40...70 мм $\eta = 0,74$; 80...200 мм $\eta = 0,81$; $t_{окр}$ — температура окружающей среды, °С, принимается по виду прокладки труб:

- в бороздах, вертикальных каналах, коммуникационных шахтах, сантехкабинах — 23 °С;
- в ванных комнатах — 25 °С;
- в кухнях и туалетах — 21 °С;
- на лестничных клетках — 16 °С;
- в каналах подземной прокладки наружной сети горячего водоснабжения $t_{окр} = t_{гр}$;
- в тоннелях — 40 °С;
- в неотапливаемых подвалах — 5 °С;
- на чердаках — -9° С (при средней температуре наружного воздуха самого холодного месяца отопительного периода -11...-20 °С).

Практическое задание № 12.

Определение расчетных расходов теплоносителя в системе отопления

Расчетный расход теплоносителя (сетевой воды), т/ч, определяется по формуле

$$G_{\text{от.п}} = 1,163 g_{\text{от.п}} Q_{\text{от.п}},$$

где $g_{\text{от.п}}$ — расчетный удельный расход теплоносителя на отопление, т/Вт; $Q_{\text{от.п}}$ — расчетный тепловой поток на отопление, Гкал/ч.

В свою очередь, расчетный удельный расход теплоносителя на отопление определяется в зависимости от расчетного перепада (разности) температуры в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети на тепловом пункте потребителя тепловой энергии по формуле

$$g_{\text{от.п}} = \frac{10^3}{t_{1\text{п}} - t_{2\text{п}}},$$

где $t_{1\text{п}}$, $t_{2\text{п}}$ — значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

При присоединении систем отопления к тепловой сети по независимой схеме (при помощи теплообменника) расчетную температуру теплоносителя в обратном трубопроводе теплообменника (I контур) следует принимать на 5...10 °С выше расчетной температуры теплоносителя в обратном трубопроводе отопительных систем, присоединенных к тепловой сети по зависимой схеме.

Практическое задание № 13.

Определение расчетных расходов теплоносителя в системе вентиляции

Расчетный расход теплоносителя на приточную вентиляцию определяется по формуле

$$G_{\text{в.п}} = \frac{Q_{\text{в.п}} \cdot 10^3 \cdot 1,163}{t_{1\text{п}} - t_{2\text{п}}},$$

где $Q_{\text{в.п}}$ — тепловой поток (часовой) на вентиляцию здания, Вт; $t_{1\text{п}}$, $t_{2\text{п}}$ — значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети по температурному графику регулирования тепловой нагрузки, принятому в системе теплоснабжения, при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования вентиляции, °С.

В случае совпадения расчетных значений температуры наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции [1] значения расчетного удельного расхода теплоносителя на отопление и вентиляцию также совпадают.

Практическое задание № 14.

Определение расчетных расходов теплоносителя в системе горячего водоснабжения

Расчетный расход теплоносителя с непосредственным водоразбором (сетевой воды) на горячее водоснабжение, т/ч, для отопительного периода определяется по формуле

$$G_{\text{г.п}} = \frac{Q_{\text{г.сп}} \cdot 10^3 \cdot 1,163}{t_{\text{г}} - t_{\text{х.в}}},$$

где $t_{\text{г}}$ и $t_{\text{х.в}}$ — температура горячей воды, поступающей на горячее водоснабжение, °С; значение температуры горячей воды принимается равным 60 °С, значение $t_{\text{х.в}}$ принимается для отопительного периода равным 5 °С, для межотопительного периода — 15 °С (при отсутствии достоверных сведений).

Расчетный расход теплоносителя на горячее водоснабжение, т/ч, для межотопительного периода определяется по формуле (3) с введением коэффициента β : 0,8 для жилищно-коммунального сектора