

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРНОГО УЗЛА

Тамбов

**♦ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ♦
2026**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРНОГО УЗЛА

Утверждено Ученым советом
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
в качестве методических указаний к лабораторной работе
для студентов 3, 4 курсов направления подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения

Учебное электронное издание



Тамбов

♦ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ♦
2026

УДК 697.34(076)

ББК Н762

И85

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

О. В. Умнова

И85 **Исследование** работы элеваторного узла [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе / сост. А. А. Балашов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2026. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 1,0 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; диск-вод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.

Направлены на формирование профессиональных компетенций в области проектирования и эксплуатации тепловых пунктов, расчета параметров теплоносителя и анализа работы элеваторного узла в рамках лабораторной работы по дисциплине «Источники и системы тепло-снабжения».

Предназначены для студентов 3, 4 курсов направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения.

УДК 697.34(076)

ББК Н762

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Незаконное копирование и использование данного продукта запрещено.*

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический
университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРНОГО УЗЛА

Цель работы: ознакомление с устройством теплового пункта, водоструйного насоса и трубопроводной арматуры, а также определение параметров теплоносителя, тепловой мощности системы отопления и коэффициента смешения водоструйного элеватора.

Методические указания

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП) предназначены для подключения систем отопления к водяным тепловым сетям. В то же время, если температура воды в водяной тепловой сети выше температуры воды в системе отопления здания, то подключение абонента производится в соответствии со схемой, предложенной проф. В. М. Чаплиным.

Водоструйные насосы предназначены для снижения температуры воды, поступающей в систему отопления из водяной тепловой сети до требуемой температуры, смешивая ее с водой, которая прошла через систему отопления.

Наиболее совершенным является элеватор типа ВТИ Мосэнерго (КПД-0,24) со сменным соплом (рис. 1.1) [1 – 4].

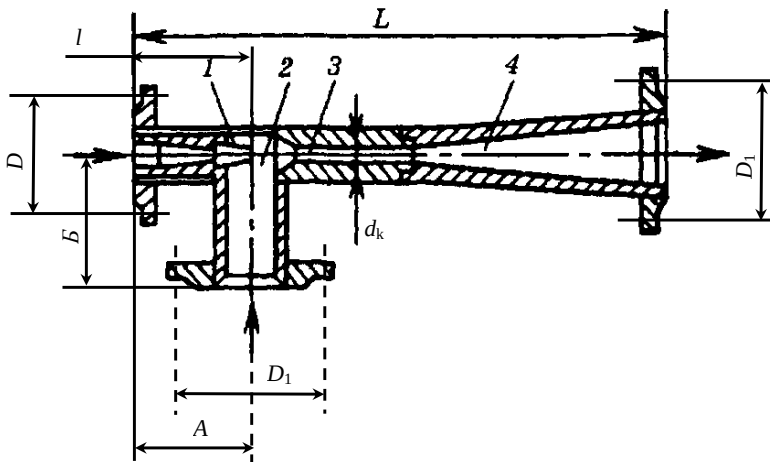


Рис. 1.1. Элеватор с нерегулируемым соплом типа ВТИ Мосэнерго:

1 – сопло; 2 – приемная камера; 3 – камера смешения; 4 – диффузор

Основные размеры элеватора типа ВТИ Мосэнерго приведены в табл. 1.1.

Водоструйные элеваторы нашли широкое распространение в системах отопления из-за своих преимуществ: элеватор прост по конструкции; не имеет движущихся частиц; не требуется подвода электроэнергии непосредственно к элеватору; имеет незначительные габаритные размеры.

К недостаткам можно отнести: при незначительной разности давлений в магистралях тепловой сети в месте установки элеватора создают сравнительно значительный уровень шума; низкий КПД; постоянство коэффициента смешения, исключающее местное качественное регулирование системы отопления.

Количество охлажденной воды, которое элеватор принимает из обратной магистрали, характеризуется *коэффициентом смешения* u , соответствующим отношению количества подмешиваемой воды G_2 к поступающей из теплотрассы G_1 при температуре t_n :

$$u = \frac{G_2}{G_1} = \frac{t_n - t_r}{t_r - t_o}, \quad (1.1)$$

где t_n – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С; t_r – температура горячей воды в подающей магистрали системы отопления, °С; t_o – температура воды в обратной магистрали системы отопления, °С.

При выборе элеватора коэффициент смешения берется на 15% выше его расчетных значений с возможностью наладки, т.е. $u' = 1,15u$.

1.1. Основные размеры элеваторов типа ВТИ теплосетей Мосэнерго

Номер элеватора	Размер, мм						
	L	A	B	l	d_k	D	D_1
1	425	90	110	110	15	110	125
2	425	90	110	100	20	110	125
3	625	135	155	145	25	125	160
4	625	135	155	135	30	125	160
5	625	135	155	125	35	125	160
6	720	180	175	175	47	160	180
7	720	180	175	155	59	160	180

Диаметр горловины элеватора найдем по выражению:

$$d_r = 0,874 \sqrt{G_{пр}}, \quad (1.2)$$

где $G_{пр}$ – приведенный расход теплоносителя в системе отопления, кг/ч, рассчитывается по формуле

$$G_{пр} = \frac{3600 \sum Q_{тп}}{c(t_{п} - t_o)}, \quad (1.3)$$

где $\sum Q_{тп}$ – полные тепловые потери здания, Вт; c – теплоемкость воды, равная $c = 4190$ Дж/(кг·°C).

Диаметр выходного сечения сопла находится по выражению, м

$$d_c = \frac{10d_r}{\sqrt{\frac{0,78}{G_{пр}^2}(1+u)^2 d_r^4 + 0,6(1+u)^2 - 0,4u^2}}. \quad (1.4)$$

Выбор основных размеров элеватора можно осуществить по рис. 1.2. Выбор номера элеватора, d_c и d_r совершается с помощью известных значений u и $G_{пр}$.

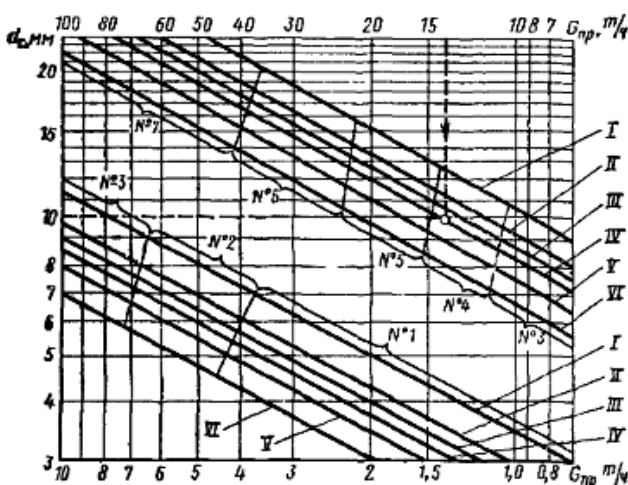


Рис. 1.2. Номограмма для выбора элеватора (ВТИ – теплосеть Мосэнерго):

№ 1 – 7 – номера элеваторов; I – для $u = 1,61$; II – для $u = 2,07$;

III – для $u = 2,3$; IV – для $u = 2,53$; V – для $u = 2,875$; VI – для $u = 3,45$

В практике применяется водоструйный элеватор 40С106к ГУ26-07-1255-82 (рис. 1.3) с температурой теплоносителя до 150 °С.

Конструктивные характеристики элеватора 40С106к приведены в табл. 1.2.

Определение номера элеватора, диаметра сопла и камеры смешивания рассчитывается в следующем порядке.

1. Определяем расход воды в системе отопления, т/ч:

$$G_{тс} = \frac{\sum Q_{тп} \cdot 3,6}{c(t_{п} - t_{о}) \cdot 1000},$$

где $\sum Q_{тп}$ – полные тепловые потери здания, Вт; c – удельная теплоемкость воды ($c = 4,187$ кДж/(кг·°С)).

2. Вычисляется коэффициент смешения u .

3. Расчетный диаметр камеры смешивания элеватора имеет следующий вид, мм:

$$d_k = 8,5 \sqrt{\frac{G_{со}}{\sqrt{\Delta p_{со}}}}, \quad (1.5)$$

где $\Delta p_{со}$ – требуемое давление, развиваемое элеватором, принимаемое равным потерям давления в главном циркуляционном кольце, кПа.

4. Расчетный диаметр сопла, мм:

$$d_c = \frac{d_k}{1+u}. \quad (1.6)$$

5. Давление, необходимое для работы элеватора, 10·кПа:

$$\Delta p_э = 1,4 \Delta p_{со} (1+u)^2. \quad (1.7)$$

1.2. Конструктивные характеристики элеватора

Номер элеватора	Диаметр камеры смешивания d_k , мм	Размеры, мм					Диаметр сопла d_c , мм	Масса, кг
		L	l	D_1	D_2	h		
1	15	360	70	145	145	130	3...8	8,3
2	20	440	93	160	145	135	4...8	11,3
3	25	570	104	180	160	145	6...10	15,5
4	30	620	125	195	180	170	7...12	18,7

6. Давление перед элеваторным узлом, 10·кПа, с учетом гидравлических потерь в регуляторе давления по формуле:

$$\Delta p_{\text{эу}} = \Delta p_{\text{э}} + (2...3). \quad (1.8)$$

7. Далее, по табл. 1.2 выбирается номер элеватора с ближайшим наибольшим диаметром.

Для нормальной работы элеваторного узла давление в подающем трубопроводе перед элеватором должно быть больше, чем давление в обратном трубопроводе в 5 – 10 раз.

8. Эффективность элеватора характеризуется двумя коэффициентами – подмешивания μ и полезного действия

$$\eta = N_{\text{к}}/N_{\text{н}}, \quad (1.9)$$

где $N_{\text{к}}, N_{\text{н}}$ – соответственно мощность потока после и до элеватора.

Описание экспериментальной установки

Основным узлом в схеме (рис. 1.3, 1.4) является водоструйный элеватор, с помощью которого часть охлажденной воды, возвращаемой из системы отопления, с температурой t_0 подмешивается к поступающей воде из тепловой сети, доводится до температуры t_1 и направляется обратно в систему отопления.

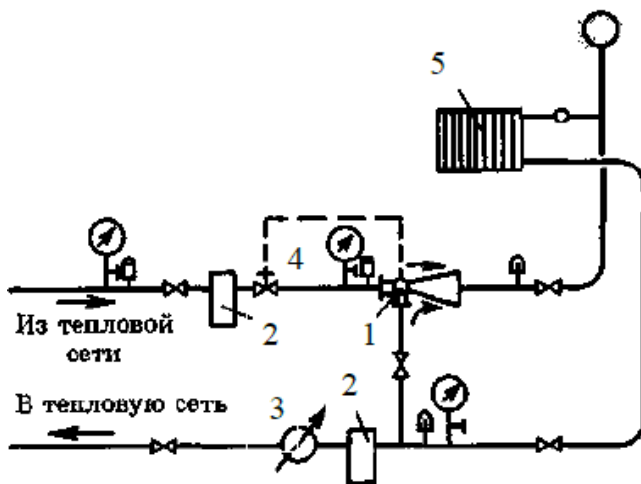


Рис. 1.3. Схема элеваторного узла:

1 – элеватор; 2 – фильтр-грязевик; 3 – водомер;
4 – регулятор системы отопления; 5 – отопительный прибор



Рис. 1.4. Индивидуальный тепловой пункт

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой, схема которой представлена на рис. 1.3.
2. Зарисовать схему элеваторного узла.
3. Подготовить табл. 1.3 для записи опытных данных.

1.3. Протокол эксперимента

№ п/п	t_n , °C	p_n , МПа	t_r , °C	p_r , МПа	t_o , °C	p_o , МПа	L , мм	$V_{зд}$, м ³
1								
2								
3								
4								
5								

4. Снять показания термометров и манометров, определить длину элеватора (рис. 1.7) и объем здания (рис. 1.5, 1.6), для которого предназначен элеваторный узел.

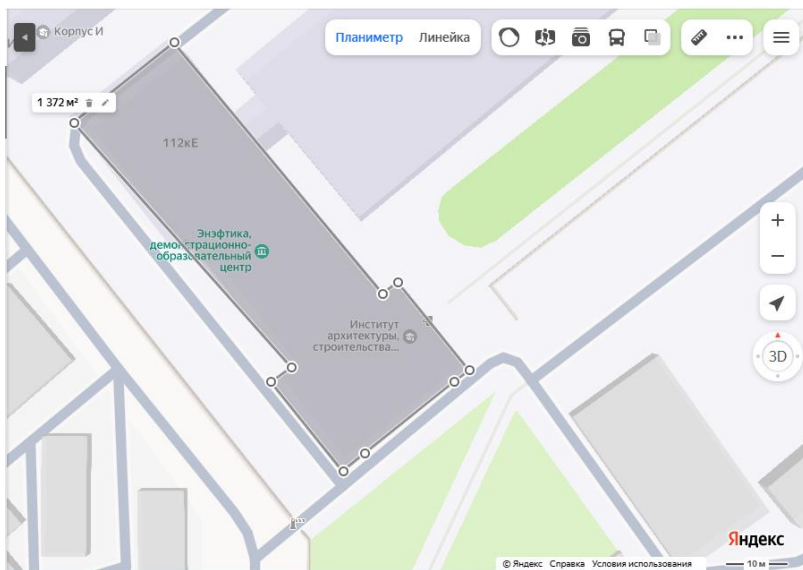


Рис. 1.5. Площадь здания на плане

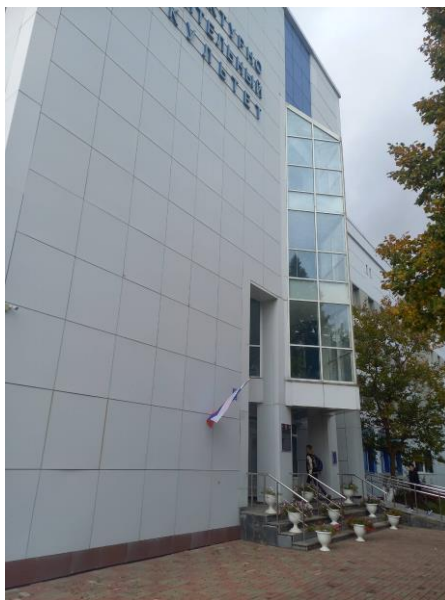


Рис. 1.6. Фасад здания



Рис. 1.7. Элеваторный узел

Обработка экспериментальных данных

1. Определяем коэффициент смещения элеватора по выражению (1.1).

2. Вычисляем расчетные тепловые потери здания на отопление Q'_o , для наружного объема здания V , м^3 :

$$Q'_o = q_o V, \quad (1.9)$$

где q_o – удельная потеря теплоты зданием (см. табл. 1.4 [5]).

3. Вычисляем расчетные тепловые потери на вентиляцию $Q'_в$ по выражению, Вт:

$$Q'_в = q_в V, \quad (1.10)$$

где $q_в$ – удельная тепловая характеристика здания на вентиляцию, которая определяется по назначению и объему здания (см. табл. 1.4 [5]).

4. Вычисляем средний часовой расход теплоты на горячее водоснабжение в зимнем периоде по выражению:

$$Q'_г = q_г V, \text{ Вт}, \quad (1.11)$$

где $q_г$ – удельная тепловая характеристика здания на ГВС, которая определяется по назначению и объему здания (см. табл. 1.4 [5]).

1.4. Удельные расходы теплоты для зданий общественно-бытового профиля

Вид здания	Удельные расходы теплоты (Вт/м ³)		
	q_o	q_r	q_v
1. Административно-управленческие	20,9	1,2	1,2
2. Отели, базы отдыха	20,9	11,6	7,0
3. Гастрономия	29,1	11,6	23,2
4. Розничная торговля	34,9	1,2	11,6
5. Транспорт: а) гаражи	18,6	–	–
б) гаражи многоуровневые	14,0	4,6	32,6
в) станции техобслуживания	18,6	4,6	23,2
6. Культура: а) клубы	20,9	3,5	11,6
б) кинотеатры	14,0	–	29,0
в) театры	16,3	2,3	18,6
г) музеи	18,6	1,2	8,1
7. Бани	25,6	16,3	23,2
8. Связь	19,8	1,2	2,3
9. Наука: а) НИИ	22,1	3,5	6,0
б) вузы	22,1	1,2	2,3

5. Найти расчетный расход воды на отопление:

$$G'_o = \frac{Q'_o}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/ч}, \quad (1.12)$$

где τ_1 , τ_2 – температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление, соответственно (см. рис. 1.4); c – удельная теплоемкость воды.

6. Определить расчетный расход воды на вентиляцию

$$G'_v = \frac{Q'_v}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/ч}. \quad (1.13)$$

где τ_1 , τ_2 – температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление, соответственно (см. рис. 1.8); c – удельная теплоемкость воды.

7. Найти средний расход воды на ГВС [1 – 4]:

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{CP}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{CP}}}{c(t_r - t_{x3})}, \text{ кг/ч}. \quad (1.14)$$

где t_r , t_{x3} – температура горячей воды для нужд потребителей и холодной воды в зимний период, соответственно; c – удельная теплоемкость воды.

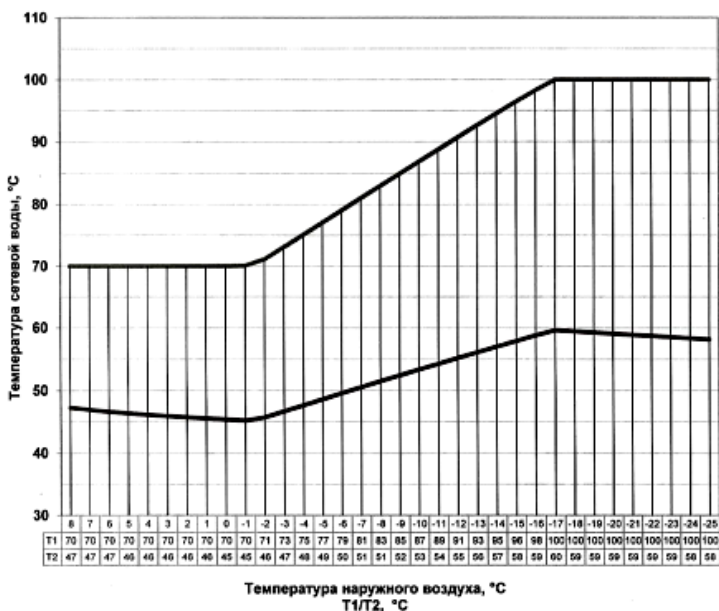


Рис. 1.8. Температурные графики сетевой воды на отопление и ГВС от Тамбовской ТЭЦ г. Тамбова

8. Вычислить суммарный расход теплоносителя:

$$\sum G = G'_o + G'_b + G_{\text{ГВС}}^{\text{CP}}, \text{ кг/ч.} \quad (1.15)$$

9. Согласно рис. 1.2 и(или) табл. 1.2 выбираем номер элеватора.

10. Рассчитывается коэффициент полезного действия элеватора

$$\eta = \frac{(P_{\Gamma} - P_o)G_o}{(P_{\Pi} - P_o)\sum G} \cdot 100\%. \quad (1.16)$$

Здесь P_{Π} , P_{Γ} , P_o – соответственно давление воды до, после элеватора и в обратной магистрали, Па.

Если бы в элеваторе не было гидравлических потерь, то η равнялось бы единице. Однако в действительности потери имеются, и КПД реального элеватора обычно не превышает 30%.

Далее произведем метрологическую оценку результатов лабораторной работы.

Основные измеряемые параметры и приборы представлены в табл. 1.5.

1.5. Основные измеряемые параметры и приборы

Параметр	Прибор	Погрешность прибора
Температура ($t_{\text{п}}$, $t_{\text{г}}$, $t_{\text{о}}$)	Жидкостный термометр	$\Delta t = \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (для каждого измерения)
Давление ($p_{\text{п}}$, $p_{\text{г}}$, $p_{\text{о}}$)	Манометр (класс 1,5, диапазон 0...0,6 МПа)	$\Delta p = \pm 0,024 \text{ МПа}$ (1,5% от диапазона)
Длина элеватора (L)	Линейка	$\Delta L = \pm 1 \text{ мм}$
Объем здания (V_3)	Расчетный параметр	$\delta V_3 = \pm 5\%$ (оценка)

Далее рассчитаем абсолютную и относительную погрешности коэффициента смешения элеватора (1.1) по следующей зависимости

$$\Delta u = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial t_{\text{п}}} \Delta t\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial t_{\text{г}}} \Delta t\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial t_{\text{о}}} \Delta t\right)^2}, \quad (1.17)$$

где

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t_{\text{п}}} &= \frac{1}{t_{\text{г}} - t_{\text{о}}}; \\ \frac{\partial u}{\partial t_{\text{г}}} &= \frac{-(t_{\text{п}} - t_{\text{о}})}{(t_{\text{г}} - t_{\text{о}})^2}; \\ \frac{\partial u}{\partial t_{\text{о}}} &= \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{г}}}{(t_{\text{г}} - t_{\text{о}})^2}. \end{aligned}$$

В итоге погрешность представляют в виде:

$$u = u_{\text{расч}} \pm \Delta u.$$

Далее определяем относительную погрешность расчета коэффициента смешения:

$$\delta u = \frac{\Delta u}{u_{\text{расч}}} \cdot 100\%.$$

Далее рассчитаем абсолютную и относительную погрешности КПД элеватора (1.16). Введем следующие обозначения:

$$A = P_{\Gamma} - P_0; \quad B = P_{\Pi} - P_0; \quad C = G_0; \quad D = \Sigma G.$$

Тогда формула (1.16) будет иметь следующий вид

$$\eta = \frac{AC}{BD}.$$

Относительная погрешность расчета КПД элеватора будет иметь следующий вид:

$$\delta\eta = \sqrt{\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2} \cdot 100\%.$$

Содержание отчета

Отчет должен содержать: название лабораторной работы; цели работы; схему экспериментальной установки; таблицы результатов; выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют индивидуальные тепловые пункты (ИТП)?
2. Какие функции в ИТП выполняет водяной элеваторный узел?
3. Как устроен элеватор и в чем принцип его действия?
4. Что такое коэффициент смешения элеватора?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источники и системы теплоснабжения предприятий [Электронный ресурс] : учебник / В. М. Лебедев и др. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 384 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/26805.html>
2. Проектирование систем отопления и вентиляции гражданских зданий : учебное пособие к курсовой работе / А. А. Балашов, Н. Ю. Полунина, А. А. Балашов, Н. Ю. Полунина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 87 с.
3. Стерлигов, В. А. Централизованное теплоснабжение предприятий, поселений и городских округов. Курсовое и дипломное проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Стерлигов, Т. Г. Мануковская, Е. М. Крамченков. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. – 105 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/55175.html>
4. Подпоринов, Б. Ф. Теплоснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Ф. Подпоринов. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. – 267 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/28404.html>
5. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник для вузов / А. Л. Шкаровский // Лань : электронно-библиотечная система. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2024. – 392 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/385091> (дата обращения: 15.10.2025).

Учебное электронное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРНОГО УЗЛА

Методические указания

Составитель

БАЛАШОВ Алексей Александрович

Редактирование Е. С. Мордасовой
Графический и мультимедийный дизайнер Н. И. Кужильная
Обложка, упаковка, тиражирование Е. С. Мордасовой

Подписано к использованию 22.09.2026.

Тираж 50 шт. Заказ № 95

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2, к. 14.
Тел./факс (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru