

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»  
Проректор по учебно-  
методической работе  
Устименко Ю.А.  
«02» сентября 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.В.20. Физические принципы энергосберегающих технологий**

Направление подготовки: **08.03.01 Строительство**

Направленность (профиль): **Промышленное и гражданское строительство**

Форма обучения: очная

Курс – 2

Семестр – 4

Всего зачетных единиц – 2, часов - 72

Форма отчетности: зачет – 4 семестр

Программу разработал  
кандидат технических наук, доцент Аршиненко И. А.

Одобрена на заседании кафедры  
«26» августа 2020 г.

Заведующий кафедрой

Дюндин А.В.

Смоленск  
2020

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Физические основы энергосберегающих технологий» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, раздела «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Промышленное и гражданское строительство»). Дисциплина изучается в 4 семестре и является основой для изучения курсов «Теплогасоснабжение с основами теплотехники», «Основы архитектуры и строительных конструкций», «Инженерные сети». Для успешного изучения дисциплины нужны компетенции, сформированные в процессе изучения дисциплины «Физика». Изучение этого курса сочетает основные классические и современные представления о физических явлениях и законах. Оно необходимо для формирования у студентов основ современного естественнонаучного мировоззрения, применяемых в практической профессиональной деятельности при решении прикладных задач в области строительства. Эта дисциплина позволяет заложить фундамент для понимания студентами:

- формирования теплового климата и микроклимата;
- традиционных и альтернативных источников и способов получения электроэнергии;
- преобразования электроэнергии в тепловую;
- основ процесса инсоляции промышленных и гражданских помещений, проектирования солнцезащиты;
- санитарно-гигиенических требований к нормированию тепловой среды;
- основ энергосберегающих технологий;
- основ взаимосвязи экологии и человеческой деятельности.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<p><b>ПК-2.</b> Способен разрабатывать проект производства работ</p>	<p><b>Знать:</b> технические условия, строительные нормы и правила и другие нормативные документы по проектированию, технологии, организации строительного производства; основные положения по организации и управлению строительством; единую систему технологической подготовки производства; технические условия и другие нормативные материалы по разработке и оформлению технологической документации; состав проекта организации строительства и проекта производства работ; конструктивные схемы зданий и последовательность их возведения, методы расчета конструкций зданий и сооружений.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать проектно-технологическую документацию; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками подготовки исходных данных для разработки проекта производства работ; разработки проекта производства работ в соответствии с требованиями строительных норм и правил в составе проекта организации строительства; выполнения привязки инвентарных временных зданий; разработка мероприятий по удешевлению строительства; разработки нормативов на отдельные виды работ, не включенные в действующие справочники для оперативного планирования строительного производства.</p>

### 3. Содержание дисциплины

**Общие сведения. Основные направления энергосбережения.** Основные термины, определения, понятия. Энергосбережение, его причины и последствия. Источники энергии, и их виды. Природные источники энергии. Традиционные и нетрадиционные источники энергии. Вторичные источники энергии. Производители и пользователи топливно-энергетических ресурсов.

**Влияние ограждающих конструкций на тепловой режим зданий.** Природно-климатические факторы. Тепловой и влажностный климат помещений. Термическое сопротивление ограждающих конструкций. Коэффициент теплопередачи. Значения нормативного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Формула Некрасова. Закон Фурье.

**Пассивный дом.** Формирование теплового микроклимата помещений. Источники и утечки тепла в доме. Энергосберегаемость. Энергоемкость здания. Пассивный дом. Требования, выдвигаемые к тепловому сопротивлению ограждающих конструкций пассивного дома.

**Эффективные теплоизоляционные материалы.** Теплоизоляционные материалы и теплоизоляционные изделия их виды и назначение. Классификация теплоизоляционных материалов. Основные технические характеристики теплоизоляционных материалов: теплопроводность, сжимаемость, водопоглощение, сорбционная влажность, морозостойкость, паропроницаемость, воздухопроницаемость, коэффициент температуропроводности, огнестойкость.

**Энергоэффективное заполнение световых проемов здания.** Современное состояние оконных заполнений. Требования к оконным заполнениям. Классификация окон. Достоинства и недостатки ПВХ профиля. Современные стеклопакеты строительного назначения. Устройство стеклопакета. Функции стеклопакетов. Низкоэмиссионные стекла.

**Энергосбережение при освещении.** Затраты на освещение в различных отраслях народного хозяйства России. Пути сокращения расхода электроэнергии на освещение. Типы осветительных ламп и их характеристики. Достоинства и недостатки различных видов осветительных ламп.

**Энергосбережение в системах транспорта и распределения тепловой энергии.** Расход топлива на цели теплоснабжения в России. Централизованное теплоснабжение. Децентрализация и регулирование теплоснабжения. Теплоснабжение производственных зданий. Возможности снижения расхода энергии системой отопления при использовании газовых систем лучистого отопления.

**Нетрадиционные источники энергии.** Роль возобновляемых источников энергии в решении глобальных проблем человечества. Солнечная энергия. Ветроэнергетика. Геотермальная энергия. Энергия волн. Энергия приливов. Малая гидроэнергетика.

**Мировой опыт энергосбережения.** Опыт энергосберегающей политики в США. Энергосбережение в промышленности Японии. Повышение эффективности использования энергии в промышленности Дании.

### 4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1	Введение. Общие сведения и основные направления энергосбережения. Влияние ограждающих конструкций на тепловой режим зданий. Пассивный дом.	16	4	8	2

2	Эффективные теплоизоляционные материалы. Энергоэффективное заполнение световых проемов здания. Энергосбережение при освещении.	24	6	14	4
3	Энергосбережение в системах транспорта и распределения тепловой энергии.	14	2	8	4
4	Нетрадиционные источники энергии	12	2	2	8
5	Мировой опыт энергосбережения	8	2	2	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>22</b>

## 5. Виды учебной деятельности

### Лекции

1. Общие сведения. Основные направления энергосбережения. Влияние ограждающих конструкций на тепловой режим зданий.
2. Пассивный дом.
3. Эффективные теплоизоляционные материалы.
4. Энергоэффективное заполнение световых проемов здания.
5. Энергосбережение при освещении.
6. Энергосбережение в системах транспорта и распределения тепловой энергии.
7. Нетрадиционные источники энергии.
8. Мировой опыт энергосбережения.

### Практические занятия

#### Занятие 1. Теплофизические характеристики строительных материалов

Задача 1. Кубический образец каменного материала размером  $a=10$  см имеет в воздушно-сухом состоянии массу 2,2 кг. Вычислить ориентировочно коэффициент теплопроводности и определить возможное наименование этого материала.

Задача 2. Определить среднюю плотность и коэффициент теплопроводности, установить примерное название материала, если образец из него имеет форму куба с ребром 3 см и массу 32,4 г.

Задача 3. Образец каменного материала в форме куба со стороной 10 см имеет массу в сухом состоянии 1,7 кг. Вычислить ориентировочно коэффициент теплопроводности и возможное наименование этого материала.

Задача 4. Образец каменного материала в форме куба со стороной 10 см имеет массу в сухом состоянии 1,5 кг. Определить ориентировочно коэффициент теплопроводности и возможное наименование этого материала.

#### Занятие 2. Теплопроводность ограждающих конструкций

Задача 1. Через наружную стену из кирпича площадью  $A=25,5$  м<sup>2</sup> проходит за 24 ч  $Q=76000$  кДж теплоты. Толщина стены 51 см. Температура внутренней (теплой) поверхности стены  $t_1=15^{\circ}\text{C}$ , наружной (холодной)  $t_2=-12^{\circ}\text{C}$ . Рассчитать теплопроводность кирпичной кладки.

Задача 2. Наружная поверхность стены из газобетона толщиной 300 мм имеет температуру  $-12^{\circ}\text{C}$ , а внутренняя  $+18^{\circ}\text{C}$ . Через стену площадью 18 м<sup>2</sup> проходит в течение 6 ч 7000 кДж тепла. Вычислить коэффициент теплопроводности газобетона.

Задача 3. Через наружную стену из кирпича площадью  $A=25,5 \text{ м}^2$  проходит за 24 ч  $Q=76000$  кДж теплоты. Толщина стены 51 см. Температура внутренней поверхности стены  $+18^\circ\text{C}$ , наружной  $-12^\circ\text{C}$ . Рассчитать теплопроводность кирпичной кладки.

Задача 4. Воспользовавшись формулой В.П. Некрасова, вычислить ориентировочно теплопроводность следующих строительных материалов со средней плотностью:

- гранита  $\rho=2500 \text{ кг/м}^3$ ;
- песчаника  $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$ ;
- известняка-ракушечника  $\rho=1100 \text{ кг/м}^3$ ;
- туфа  $\rho=800 \text{ кг/м}^3$ ;
- газосиликата  $\rho=360 \text{ кг/м}^3$ ;
- газостекла  $\rho=200 \text{ кг/м}^3$ ;

### **Занятие 3. Зависимость коэффициента теплопроводности строительных материалов от температуры, плотности и влажности**

Задача 1. Теплопроводность фибролита со средней плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$  в сухом состоянии при  $25^\circ\text{C}$  составляет  $0,1 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ . Вычислить расчетное значение теплопроводности  $\lambda$ :

- а) при  $t=0^\circ\text{C}$ ;
- б) при  $t=25^\circ\text{C}$  и влажности по массе  $W_m=20\%$ .

Задача 2. Теплопроводность газосиликата со средней плотностью  $360 \text{ кг/м}^3$  в сухом состоянии при  $25^\circ\text{C}$  составляет  $0,085 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ . Вычислить расчетное значение теплопроводности:

- а) при  $0^\circ\text{C}$ ;
- б) при  $25^\circ\text{C}$  и влажности по массе  $W_m=20\%$ .

Задача 3. Вычислить среднюю плотность керамзитобетона при теплопроводности  $0,14; 0,2; 0,25; 0,35 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ , воспользовавшись формулой:  $\lambda = \frac{0,43 \cdot \rho}{1000} - 0,14$ .

Задача 4. Блок из теплоизоляционной пластмассы (пенополистирола ПСБ-С) имеет длину 1000 мм, ширину 500 мм, высоту 300 мм и массу 3 кг. При хранении его на открытом воздухе в течение 28 суток гигроскопическая влажность по массе составила 85%. Вычислить теплопроводность влажного пенополистирола, если теплопроводность его в сухом состоянии  $0,043 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ .

Задача 5. Вспученный вермикулит, перлитовые ГОСТ 10832-91 и совелитовые изделия при  $0^\circ\text{C}$  имеют одинаковую величину коэффициента теплопроводности  $0,043 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ . Какое значение теплопроводности будут иметь эти материалы при  $500^\circ\text{C}$ , если значения коэффициента  $\beta$  для них в зависимости  $\lambda_t = \lambda_0(1 + \beta t)$ , (где  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности при  $0^\circ\text{C}$ ) будут соответственно  $0,00027$ ,  $0,00019$  и  $0,00015 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ ? Охарактеризуйте возможности использования этих теплоизоляционных материалов.

### **Занятие 4. Расчет толщины слоя эквивалентной теплоизоляции**

Задача 1. Необходимо заменить существующую теплоизоляцию из пенобетонных плит со средней плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$  и толщиной 100 мм на теплоизоляцию из каменной ваты марки D100. Температура изолируемой поверхности  $300^\circ\text{C}$ , а температура поверхности изоляции  $25^\circ\text{C}$ . Вычислить толщину нового теплоизоляционного слоя из каменной ваты.

Задача 2. Обычный керамзитобетон на кварцевом песке имеет среднюю плотность  $1100 \text{ кг/м}^3$ , а поризованный (пенокерамзитобетон) –  $450 \text{ кг/м}^3$ . Какой толщины следует изготовить стеновые блоки из пенокерамзитобетона, если равноценные по термическому сопротивлению блоки из обычного керамзитобетона имеют толщину 500 мм?

Задача 3. Требуется заменить теплоизоляцию трубопровода наружным диаметром 57 мм состоящую из двух слоев вулканических полуцилиндров толщиной 50 мм каждый с коэффициентом теплопроводности  $0,081 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$  на аналогичные изделия из пенополиуре-

тана с коэффициентом теплопроводности  $0,041 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ . Какой потребуется дополнительный слой мастики из севелита с коэффициентом теплопроводности  $0,12 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ , чтобы не изменилось общее термическое сопротивление теплоизоляционного слоя?

### **Занятие 5. Теплоемкость ограждающих конструкций и тепловая инерция зданий**

Задача 1. Какое количество теплоты потребуется, чтобы нагреть от  $10^{\circ}\text{С}$  до  $30^{\circ}\text{С}$  стену из ячеистого бетона плотностью  $550 \text{ кг}/\text{м}^3$ , площадью  $20 \text{ м}^2$  и толщиной  $25 \text{ см}$  и такую же стену из древесины такой же средней плотности?

Задача 2. Сплошная однослойная стеновая панель размером  $6 \times 2,6 \times 0,2 \text{ м}$  изготовлена из газобетона со средней плотностью  $700 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а панель размером  $7 \times 2,9 \times 0,2 \text{ м}$  – из газобетона с плотностью  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Сравнить количество теплоты, необходимое для нагрева панелей от  $5^{\circ}\text{С}$  до  $25^{\circ}\text{С}$ , если удельная теплоемкость газобетона со средней плотностью  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$  равна  $0,63 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{С})$ , а со средней плотностью  $700 \text{ кг}/\text{м}^3$  –  $1,05 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{С})$ .

### **Занятие 6. Влияние переувлажнения ограждающих строительных конструкций на их теплоемкость и тепловую инерцию зданий**

Задача 1. Какое количество теплоты, кДж, потребуется для нагрева газобетонной панели от  $15^{\circ}\text{С}$  до  $95^{\circ}\text{С}$  размером  $3,1 \times 2,7 \times 0,3 \text{ м}$  со средней плотностью  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$  и влажностью по объему  $W_0=20\%$ ?

Задача 2. Какое количество теплоты, кДж, потребуется для нагрева газобетонной панели от  $15^{\circ}\text{С}$  до  $95^{\circ}\text{С}$  размером  $3,1 \times 2,7 \times 0,3 \text{ м}$  со средней плотностью  $360 \text{ кг}/\text{м}^3$  и влажностью по объему  $W_0=20\%$ ?

### **Занятие 7. Температуропроводность строительных материалов**

Задача 1. Какова скорость распространения температуры в ячеистом бетоне и в древесине, имеющих одинаковую среднюю плотность  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ ?

### **Занятие 8. Приборы для определения коэффициента теплопроводности строительных теплоизоляционных материалов**

Задача 1. При определении коэффициента теплопроводности материала с помощью малоинерционного тепломера используют образцы-цилиндры диаметром  $250 \text{ мм}$  и высотой  $50 \text{ мм}$ . Какой оказалась величина коэффициента теплопроводности материала, если при его нагреве от  $25^{\circ}\text{С}$  до  $100^{\circ}\text{С}$  через образец прошло  $10,5 \text{ кДж}$  теплоты в течение  $30 \text{ мин}$  в направлении, перпендикулярном его поверхности?

### **Занятие 9. Зависимость толщины ограждающей конструкции от выбранного материала и нормативного сопротивления теплопередаче.**

Задача 1. В районе строительства нормативное сопротивление теплопередаче стен жилых зданий  $R_{\text{т.норм}} \geq 2,0 \text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{С)}/\text{Вт}$ . Какая толщина стен необходима для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче при применении:

- а) рядового, полнотелого обыкновенного кирпича с плотностью  $1500 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- б) рядового, пустотелого керамического кирпича с плотностью  $1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- в) легкого бетона с плотностью  $1100 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- г) ячеистого бетона с плотностью  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- д) газостекла с плотностью  $200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- е) газосиликата с плотностью  $360 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- ж) сосны с плотностью  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Укажите наиболее экономичный материал для утепления.

Задача 2. Какими должны быть толщина и масса сплошной наружной однослойной стеновой панели (без учета массы арматуры) размером  $3,1 \times 1,2 \text{ м}$  при использовании легких бетонов со средней плотностью  $700, 900$  и  $1100 \text{ кг}/\text{м}^3$  и теплопроводностью соответственно  $0,28; 0,32; \text{ и } 0,38 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ ?

### **Занятие 10. Теплотехнические достоинства и недостатки многослойных ограждающих конструкций**

Задача 1. Однослойная стеновая панель из легкого бетона с коэффициентом теплопроводности  $0,32 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  имеет толщину 400 мм. Какую толщину может иметь равноценная в теплотехническом отношении 3-слойная панель с наружными слоями из легкого бетона с коэффициентом теплопроводности  $0,32 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  толщиной 10 см и заполнением из минеральной ваты с коэффициентом теплопроводности  $0,047 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ?

### **Занятие 11. Энергосбережение в быту и в жилищно-коммунальном хозяйстве**

Задача 1. Нормы освещения составляют  $25\text{--}30 \text{ Вт}/\text{м}^2$  общей площади. Сколько электроэнергии можно сэкономить за месяц, устроив местное освещение рабочего стола при условии ежедневной работы лампочки в течение 5 часов? Площадь комнаты  $16 \text{ м}^2$ .

Задача 2. Насколько энергетически выгоднее кипятить две чашки чая, чем полный чайник, который затем остывает?

Задача 3. Насколько снижается эффективность электроконфорки, если площадь соприкосновения ее с посудой составляет лишь 30 % полной площади?

Задача 4. Что энергетически выгоднее принять душ или ванну при условии одинаковой длительности процедуры – 5 минут и одинаковой температуры воды?

Задача 5. В двигателе внутреннего сгорания на каждые 4 л бензина образуется примерно 2 л окислов азота. Сколько окислов азота выбрасывается в атмосферу города, если ежегодно каждый автомобиль пробегает 40 тыс. км при среднем расходе 15 л на 100 км? В городе зарегистрировано 10 тыс. автомобилей.

Задача 6. Докажите, что осветительные приборы, установленные в подъездах и на лестничных клетках жилых домов, – это значительный резерв экономии электрической энергии.

Задача 7. Замена ламп накаливания люминесцентными лампами позволяет сэкономить некоторое количество энергии. Посчитайте экономию за год работы при 9-часовом рабочем дне. Количество ламп 8 шт. Через какое время люминесцентные лампы окупятся?

### **Занятие 12. Энергосбережение при транспортировке тепловой энергии**

Задача 1. По чугунному теплопроводу диаметром  $60\times 3,5 \text{ мм}$  движется пар с температурой  $t_p = 325 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе  $\alpha_1 = 110 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Окружающий наружный воздух имеет температуру  $t_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Найти удельные тепловые потери, если теплопровод изолирован слоем пеношамота толщиной 70 мм, а коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха  $\alpha_2 = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Коэффициент теплопроводности чугуна равен  $90 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ , а пеношамота –  $0,29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ .

Задача 2. По пеноуретановому теплопроводу диаметром  $50\times 1,5 \text{ мм}$  движется вода с температурой  $t_p = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе  $\alpha_1 = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Окружающий наружный воздух имеет температуру  $t_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Найти удельные тепловые потери, если теплопровод изолирован слоем пеношамота толщиной 70 мм, а коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха  $\alpha_2 = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Коэффициент теплопроводности стали равен  $200 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ , а пеношамота –  $0,29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ .

Задача 3. По чугунному теплопроводу диаметром  $150\times 5 \text{ мм}$  движется пар, температура которого  $t_p = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе  $\alpha_1 = 110 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Окружающий наружный воздух имеет температуру  $t_b = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Найти удельные тепловые потери, если теплопровод изолирован слоем пеношамота толщиной 50 мм, а коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха  $\alpha_2 = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Коэффициент теплопроводности чугуна равен  $90 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ , а пеношамота –  $0,29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ .

### **Занятие 13. Расход тепла общественными зданиями**

Задача 1. Определить расчетный часовой и годовой расход тепла на отопление, приходящийся на одного жителя, проживающего в девятиэтажном крупнопанельном жилом

здании с общей жилой площадью  $F_{ж}=3000 \text{ м}^2$ . Климатические условия  $t_{от}^p = -25^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{от}^p = -14^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{н.ср.} = -3,2^{\circ}\text{C}$ ;  $z_{от}=4921 \text{ ч/год}$ ;  $z_{п}=620 \text{ ч/год}$ . Прочие исходные данные:  $f_{ж}=9 \text{ м}^2/\text{житель}$ ; объемный коэффициент здания  $K_2=6,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ ; удельный расход тепла на вентиляцию, отнесенный к  $1 \text{ м}^2$  жилой площади,  $q_e^{жс} = 3,6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ; удельные внутренние тепловыделения  $q_{вн}=94 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Задача 2. Определить расчетный часовой и годовой расход тепла на отопление, приходящиеся на одного жителя, проживающего в двенадцатиэтажном кирпичном жилом здании с общей жилой площадью  $F_{ж}=5000 \text{ м}^2$ . Климатические условия  $t_{от}^p = -20^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{от}^p = -10^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{н.ср.} = -4,2^{\circ}\text{C}$ ;  $z_{от}=3500 \text{ ч/год}$ ;  $z_{п}=620 \text{ ч/год}$ . Прочие исходные данные:  $f_{ж}=9 \text{ м}^2/\text{житель}$ ; объемный коэффициент здания  $K_2=8,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ ; удельный расход тепла на вентиляцию, отнесенный к  $1 \text{ м}^2$  жилой площади,  $q_e^{жс} = 3,6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ; удельные внутренние тепловыделения  $q_{вн}=94 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

### Занятие 14. Расчет ветровой электрической станции

Пример выполнения расчета: *определение скорости ветра*

1. Исходные данные представлены на следующем рисунке.

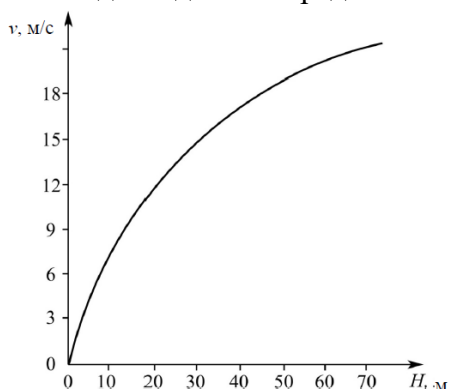


Рис. Изменение скоростей ветра по высоте

2. При выполнении расчетов по рисунку методом кусочно-линейной аппроксимации определяем изменения скоростей ветра по трем характерным участкам и по уравнению прямой находим средние значения скоростей ветра на каждом участке:  $v_{\min}$ ,  $v_{\text{ср}}$ ,  $v_{\max}$ , которые заносим в таблицу. Например,

$v_{\min} = a + bH_{\min}$ , где  $v_{\min}$  - скорость ветра на участке с минимальными скоростями, м/с;  $H_{\min}$  - высота точки измерения ветра на участке с минимальными скоростями, м. Аналогично следует определить параметры двух других участков со средними и максимальными скоростями.

Таблица 1. Средние скорости ветров на участках

Номер рисунка $v=f(H)$	Скорости ветра на участках, м/с											
	$a_1$	$b_1$	$H_{\min}$	$v_{\min}$	$a_2$	$b_2$	$H_{\text{ср}}$	$v_{\text{ср}}$	$a_3$	$b_3$	$H_{\max}$	$v_{\max}$

3. Значения скорости ветра из таблицы 1 принимаем за 100 % в январе (утренний период) и заносим в ячейку (стр. 3 x стб. 3) в таблицу 2.

4. Находим средние скорости ветра в течение суток и по месяцам.

Таблица 2. Распределение скоростей ветра по месяцам и по характерным интервалам в течение суток

Месяц	Номер строки	Скорость ветра, %				Среднесуточная
		6-9 ч	10-17 ч	18-22 ч	23-5 ч	



1-й	1-я					
2-й	2-я					
3-й	3-я					
4-й	4-я					
...	...	...	...	...	...	...
Среднемесячная	13-я					

5. По данным распределения скоростей ветра в течение суток и по месяцам (см табл.2) определяем расчетные скорости ветра в течение года по месяцам, значения которых заносим в табл.3 (средние значения скоростей ветра по часам суток и по месяцам).

Таблица 3. Значения скоростей ветра по месяцам в течение года

Месяц	Номер строки	Скорость ветра, %				Среднесуточная
		6-9 ч	10-17 ч	18-22 ч	23-5 ч	
1-й	1-я					
2-й	2-я					
3-й	3-я					
4-й	4-я					
...	...	...	...	...	...	...
Среднемесячная	13-я					

6. По определенной скорости ветра и заданному диаметру ветроколеса и по формулам находим выработку мощности в течение года по часам суток и по месяцам. Результаты заносим в таблицу, аналогичную табл.3.

7. Определяем выработку электроэнергии умножением вырабатываемой мощности на продолжительность характерного периода из табл.3. Результаты заносим в таблицу, аналогичную по форме табл.3.

8. Суммируя месячную выработку электроэнергии, находим ее годовую выработку.

9. Повторяем все расчеты для рабочего колеса диаметром в 10 и 30 м.

Задача.

1. Аппроксимировать зависимость скорости ветра от высоты тремя прямыми.  
 2. Рассчитать среднюю скорость ветра на каждом участке.  
 3. Рассчитать мощность ветровой электростанции на каждом участке, приняв диаметр рабочего колеса 10 м и плотность воздуха  $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$ .

4. Принять рассчитанное значение мощности как мощность первого суточного интервала января месяца.

5. Определить суточную выработку электроэнергии одного дня каждого месяца по процентной выработке характерных временных участков одних суток.

6. Определить выработку ветровой энергии за каждый месяц и за год для минимальных средних и максимальных скоростей ветра и ветровых колес разных диаметров.

7. Результат выбора мощности свести в таблицы.

8. Повторить расчеты для диаметров колеса в 20 и 30 м.

### Занятие 15. Энергосбережение при производстве энергии на ГЭС (ч.1)

Задача 1. Определить энергию падающей воды для ГЭС, если отметки верхнего и нижнего бьефов составляют 240 и 145 метров соответственно, а объем сброса воды за год –  $80 \text{ км}^3$ .

Задача 2. Определить энергию падающей воды для ГЭС, если статистический напор составляет 65 метров, а объем сброса воды за год –  $54 \text{ км}^3$ .

Задача 3. Мощность потока воды, сбрасываемой из верхнего бьефа, составляет  $1,47 \cdot 10^5$  кВт при объеме сбрасываемой воды за год  $80 \text{ км}^3$ . Определить статический напор, необходимый для создания заданной мощности потока воды.

### **Занятие 16. Энергосбережение при производстве энергии на ГЭС (ч.2)**

Задача 1. Определить расход воды, проходящей через станцию, если отметка верхнего бьефа составляет 148 м, отметка нижнего бьефа – 83 м. Мощность потока воды  $950 \cdot 10^5$  кВт.

Задача 2. Рассчитать КПД гидроэлектростанции, если расход воды (ежесекундное изменение объема) равен  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ , напор воды (разность уровней воды по обе стороны плотины) 20 м, а мощность станции 1200 л.с.

Задача 3. Определить мощность работающей ГЭС в единицу времени, если расход воды, проходящей через одну турбину за год, составляет  $6,5 \text{ км}^3$ , число гидроагрегатов, работающих на станции, 12, КПД гидрогенератора и турбины составляют 0,99 и 0,98 соответственно, а статический напор 50 м.

Задача 4. В многоводный год объем сброшенной воды за год составил  $132 \text{ км}^3$ , при том, что  $115 \text{ км}^3$  прошло через гидроагрегаты, а остальная вода была сброшена «вхолостую». Определить энергию сброшенной воды «вхолостую», если водослив осуществлялся два месяца.

### **Занятие 17. Тепловизионное обследование**

Задача. Провести съёмку ограждающих конструкций, рассчитать сопротивление теплопередачи.

*Порядок выполнения работы*

1. Включите тепловизор.
2. Задайте коэффициент излучения и значение КОТ.
3. Наведите тепловизор на поверхность, с помощью вращения объектива отрегулируйте четкость изображения.
4. Сохраните изображение в памяти тепловизора.
5. Рассчитайте сопротивление теплопередачи различных оконных конструкций.

Расчет фактического сопротивления теплопередачи определяется по формуле:

$$R_{\text{оф}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})R_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{н}}}$$

где  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – измеренная температура внутреннего и наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{н}}$  – температура наружной поверхности, полученная термографированием,  $^{\circ}\text{C}$  (расчет проводится по двум точкам максимальной и минимальной, среднюю между значениями принимают за фактическую);

$R_{\text{н}}$  – сопротивление теплопереходу (0,043).

*Контрольные вопросы*

1. Какое длинноволновое излучение регистрирует тепловизор?
2. От каких параметров зависит точность измерения поверхностной температуры объекта?
3. Укажите важнейшие технические параметры тепловизоров, определяющие эффективность их работы.
4. Чем определяются линейные и угловые размеры наблюдаемой тепловизором картины и от чего зависит его угловое (видимое) увеличение?
5. Классификация тепловизоров и пути их развития.

## Самостоятельная работа

Самостоятельная работа выполняется индивидуально каждым студентом в виде выполнения заданий (дополнительно к подготовке к практическим занятиям) по основным темам дисциплины и курса по выбору студента "Физические основы энергосберегающих технологий". Тематика заданий для самостоятельной работы соответствует основным темам курса. Самостоятельная работа состоит из 2 типов работ:

1) подготовка и написание *рефератов* – в каждой теме по одному реферату в объёме 5-6 стр.

2) подготовка к *проверочной работе*.

Такая работа необходима для закрепления знаний, полученных во время лекций, для приобретения навыков работы с учебной литературой и способности самостоятельно решать поставленные задачи.

В случае необходимости преподаватель проводит консультации по учебным вопросам и выполнению заданий для самостоятельной работы. Консультации являются одной из форм руководства самостоятельной работой студентов и оказания им помощи в усвоении учебного материала. Консультации имеют, в основном, индивидуальный характер, но допускают и групповую форму проведения.

### Темы рефератов

1. Традиционные теплоизоляционные строительные материалы
2. Теплоизоляционные материалы на основе нанотехнологий
3. Традиционные влагостойкие строительные материалы
4. Гидрофобизаторы
5. Влияние кондиционеров на климат помещений
6. Влияние дефектов на теплоизоляцию и влажность
7. Капитальные затраты и эксплуатационные расходы тепловой сети
8. Влияние климатических условий на строительство зданий и сооружений
9. Климатические зоны России и их основные параметры
10. Основные свойства энергосберегающих люминесцентных и светодиодных ламп
11. Нормы освещённости рабочих зон на предприятиях и в быту
12. Расчёт количества источников искусственного освещения помещений
13. Светопоглощающие и светопропускающие материалы
14. Проблемы современного остекления помещений
15. Альтернативные источники искусственного освещения
16. Принцип работы солнечных батарей
17. Материалы и конструкции для обеспечения солнцезащиты
18. Инсоляция промышленных и гражданских зданий
19. Получение и использование энергии солнца, солнечные станции
20. Получение и использование энергии ветра, ветряные станции
21. Получение и использование энергии воды, гидроэлектростанции
22. Получение и использование тепловой энергии, теплоэлектростанции
23. Получение и использование атомной энергии, атомные электростанции
24. Воздействие электростанций на окружающую среду
25. Проблемы создания управляемого термоядерного синтеза
26. Потери тепловой и электрической энергии при её передаче
27. Альтернативные источники энергии

## **6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)**

### **6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации**

Текущая аттестация проводится в форме проверочной работы. Проверочная работа содержит 2 задачи и теоретический вопрос. Задачи для проверочной работы берутся из числа рассмотренных на практических занятиях. Теоретические вопросы для контрольной работы берутся из следующего списка:

1. Перечислите основные постановления и нормативные акты в области энергосбережения РФ.
2. Назовите действующие нормативные Законы Российской Федерации и постановления Правительства Российской Федерации по энергосбережению.
3. Каковы основные принципы энергосберегающей политики России?
4. Назовите основные принципы управления в области энергосбережения.
5. Перечислите основные производственные топливно-энергетические ресурсы.
6. Дайте определение коэффициента полезного использования энергоносителя.
7. Основные задачи эксергетического анализа.
8. Интегральные критерии финансово-экономической оценки инвестиций.
9. Климатические характеристики климата.
10. Градостроительные решения с точки зрения энергосбережения.
11. Мероприятия по энергосбережению в градостроительстве для групп населений.
12. Критерии системного подхода к энергосбережению в зданиях.
13. Влияние формы здания на энергоэкономические показатели здания.
14. Влияние конфигурации плана здания на его энергопотребление.
15. Влияние блокировки зданий на тепловые потери.
16. Влияние абсолютных размеров на энергоэкономические показатели.
17. Современные теплоизоляционные материалы, используемые при строительстве наружных ограждающих конструкций.
18. Пассивные системы утилизации солнечной энергии.
19. Активные системы утилизации солнечной энергии. Первые теоретические разработки в области в России.
20. Основные этапы процесса обоснования энергосбережения в зданиях.
21. Выбор и обоснование оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений. Объемно-планировочные характеристики здания.
22. Показатели и параметры, влияющие на энергопотребление здания. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций.
23. Определение технико-экономических и энергетических показателей строительства при различных вариантах энергосбережения в зданиях.
24. Определение энергетических потребностей при возведении и эксплуатации зданий.
25. Оценка эффективности энергосбережения в здании и выбор оптимального проектного варианта ЗЭИЭ.
26. Охарактеризуйте основные тенденции и особенности в области энергосбережения в зарубежных государствах.
27. Какова роль государственного регулирования в области энергосбережения за рубежом?
28. Каковы особенности энергетического менеджмента в промышленности, строительстве, на транспорте в зарубежных странах?
29. Охарактеризуйте механизмы стимулирования внедрения возобновляемых источников энергии за рубежом.
30. Каковы направления реализации политики энергосбережения в США?
31. Каковы направления реализации политики энергосбережения в Японии?

32. Каковы механизмы реализации энергосберегающей политики в Дании?

**Пример варианта проверочной работы:**

1. Наружная поверхность стены из газобетона толщиной 300 мм имеет температуру  $-12^{\circ}\text{C}$ , а внутренняя  $+18^{\circ}\text{C}$ . Через стену площадью  $18\text{ м}^2$  проходит в течение 6 ч 7000 кДж тепла. Вычислить коэффициент теплопроводности газобетона.

2. Теплопроводность фибролита со средней плотностью  $400\text{ кг/м}^3$  в сухом состоянии при  $25^{\circ}\text{C}$  составляет  $0,1\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Вычислить расчетное значение теплопроводности  $\lambda$ :

а) при  $t=0^{\circ}\text{C}$ ;

б) при  $t=25^{\circ}\text{C}$  и влажности по массе  $W_m=20\%$ .

3. Охарактеризуйте основные тенденции и особенности в области энергосбережения в зарубежных государствах.

**Критерии оценивания проверочной работы:**

Студенту засчитывается выполнение проверочной работы в случае, если он выполняет правильно больше 50% заданий данной работы и может объяснить ход решения указанной преподавателем задачи.

**6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации**

Студенту выставляется «зачет», если он написал проверочную работу на положительную оценку, владеет программным материалом, знает основные теоретические положения изучаемого курса, обладает достаточными для продолжения обучения и предстоящей профессиональной деятельности, знаниями. При ответах допускает малозначительные погрешности, испытывает незначительные затруднения при решении задач.

Студенту выставляется «незачет» выставляется студенту, имеющему серьезные пробелы в знании учебного материала, в умении решать задачи; его уровень знаний недостаточен для дальнейшей учебы и будущей профессиональной деятельности.

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

**7.1. Основная литература**

1. Ларкин Д. К. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие для вузов / Д. К. Ларкин. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12032-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/446682>.

**7.2. Дополнительная литература**

1. Архитектурная физика: Учеб. для вузов / В. К. Лицкевич, Л. И. Макриненко, И. В. Мигалина и др.: Под ред И. В. Оболенского. – М.: Стройиздат, 2007. 448 с.

2. Аззамасов В. Б., Волчков А. Н., Головин В. А. и др. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студентов вузов. – М.: Академия, 2009.

3. Горин В. А. Гражданские здания массового строительства: учеб.пособие для студентов вузов по направлению подгот. "Строительство" / В. А. Горин. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013.

4. Конструкции из дерева и пластмасс: учебник для студентов вузов по спец. "Пром. и гражд. стр-во", "Проектирование зданий" направления "Стр-во"/ Авт. : Э. В. Филимонов, М. М. Гаппоев, И. М. Гуськов и др. - 6-е изд., перераб. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010.

5. Кочерженко, Владимир Васильевич Технология возведения подземных сооружений: учеб. пособие для студентов вузов по строит. специальностям / В. В. Кочерженко. - 2-е изд., доп. и изм. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009.

6. Лахтин Ю. М. *Материаловедение: учебник для студентов технических учебных заведений.* – М.: Альянс, 2009.
7. Маклакова Т. Г. *Конструкции гражданских зданий: учебник для студентов вузов по всем строит. спец. / Т. Г. Маклакова, С. М. Нанасова. - 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012.*
8. Рыбьев И. А., Казенкова Е. П., Кузнецова Л. Г. и др. *Материаловедение в строительстве: учебное пособие для студентов по специальности 270102.* М.: Академия, 2008.
9. Соловьев А. К. *Физика среды: учебник для студентов вузов / А. К. Соловьев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.*
10. *Справочник новейших технологий в строительстве и ремонте / Авт.-сост. В. С. Котельников. - Ростов н/Д: Феникс, 2013.*
11. *Строительные материалы: Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учебник для студентов вузов по строит. спец./ В.Г. Микульский , Г.И. Горчаков, В.В. Козлов и др.; под общ. ред. В.Г. Микульского, Г.П. Сахарова. - 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.*
12. Климова, Г. Н. *Электрические системы и сети. Энергосбережение : учебное пособие / Г. Н. Климова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 179 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10362-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/475673>.*
13. Гусев *Н. М.* *Основы строительной физики: Учеб. Для вузов. – М.: Стройиздат, 2005. 440 с.*
14. Детлаф А. А., Яворский Б. И. *Курс физики. – М.: Высшая школа, 1989.*
15. Ковригин *С. Д.* *Архитектурно-строительная акустика: Учеб. Для вузов. – М.: Высш. Шк., 1996. 225 с.*
16. Лицкевич В. К. *Жилище и климат. – М.: Стройиздат, 2004. 288 с.*
17. Оболенский Н.В. *Архитектура и Солнце. – М.: Стройиздат. 1988. 208 с.*
18. Орлова Л.Н. *Метод энергетической оценки и регулирования инсоляции на жилых территориях. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М., МИСИ. 1985. 188 с.*
19. Савельев И. В. *Курс общей физики. Термодинамика и молекулярная физика. Т.2 – М.: Наука, 2005.*
20. Серов Е. Н. *Проектирование деревянных конструкций: учеб. пособие для студентов вузов по спец. 270102 "Промышленное и гражданское строительство" / Е. Н. Серов, Ю. Д. Санников, А. Е. Серов; под ред. Е. Н. Серова. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.*
21. *Строительная климатология: Справ. Пособие к СНиПу. – М.: Стройиздат, 2000. 88 с.*
22. *Строительство и реконструкция зданий и сооружений городской инфраструктуры: научно- справоч. пособие : В 3-х т/ под общ. ред. В. И . Теличенко. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов: МГСУ, 2009.*
23. Фокин К. Ф. *Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М.: Стройиздат, 2003. 287 с.*
24. *СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. 29 с.*
25. [СНиП 2.01.01-82](#). *Строительные климатология и геофизика.*
26. [СНиП 2.07.01-89\\*](#). *Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.*
27. *СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение /Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. 35 с.*
28. *СНиП 23-01-99. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. 56 с.*
29. *МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях»*

30. СНиП 31-02-2001 «Дома жилые многоквартирные»
31. [СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03](#). Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
32. СП 23-102-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий»
33. Шерешевский И. А. Конструирование промышленных зданий и сооружений: учеб. пособие для студентов арх., строит., технолог.фак. вузов / И. А. Шерешевский; науч. ред. Л.Л. Шаповалов. - М.: Архитектура - С, 2012.

### **7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://zeleneet.com/> - энергосберегающие технологии в строительстве;
2. <http://proekt-sam.ru/proektdoma/passivnyj-dom-principy-i-texnologii-stroitelstva.html> - пассивное энергосбережение;
3. [http://www.dzbg.ru/production/mirovoj\\_opyt\\_primeneniya\\_energoberezheniya\\_v\\_stroitelstve/](http://www.dzbg.ru/production/mirovoj_opyt_primeneniya_energoberezheniya_v_stroitelstve/) - мировой опыт энергосбережения;
4. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=9](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=9) – энергосбережение при реконструкции;
5. <http://3ys.ru/teplogazosnabzhenie-i-ventilyatsiya/energoberezhenie-v-sistemakh-otopleniya-ventilyatsii-i-konditsionirovaniya-vozdusha.html> - энергосбережение в системах вентиляции и кондиционирования;
6. <http://proekt-sam.ru/proektsistem/sistema-umnyy-dom.html> - система управления «Умный дом».

## **8. Материально-техническое обеспечение**

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедиапроектором, ноутбуком, колонками и интерактивной доской.

Демонстрационные материалы:

- комплекты электронных слайдов для проведения лекционных занятий;
- рисунки и фотографии строительных сооружений и их фрагментов;
- справочные таблицы физических свойств строительных материалов.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**, оснащенная стандартной учебной мебелью.

**Помещение для самостоятельной работы** – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

## **9. Программное обеспечение**

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Компьютерная программа «Tester» для проведения текущего тестирования.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022