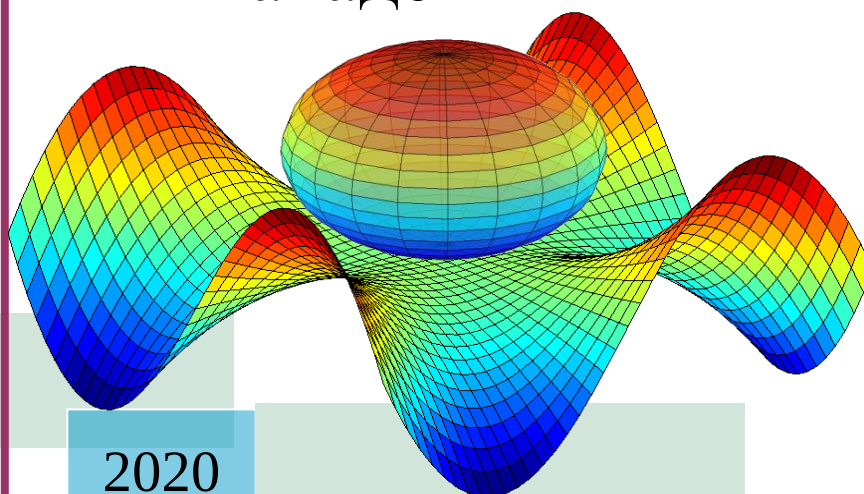


Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

ИЗВЕСТИЯ

Северо-Кавказской
государственной
академии



2020

№ 2

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Джендубаев А.-З.Р.

Секция гуманитарных и экологических наук

Айбазова М.Ю. – председатель секции, Дармилова Э.Н., Даурова А.Б.,
Нагорная Г.Ю., Напсо М.Д.

Секция математики, физики и информационных технологий

Эдиев Д.М. – председатель секции, Борлаков Х.Ш., Кочкаров А.М., Тамбиева Д.А.,
Хапаева Л.Х.

Секция медицинских наук

Хапаев Б.А. – председатель секции, Гюсан А.О., Котелевец С.М., Смеянов В.В.,
Темрезов М.Б., Чаушев И.Н.

Секция сельскохозяйственных наук

Смакуев Д.Р. – председатель секции, Джашеев А.-М.С., Гедиев К.Т., Гочияев Х.Н.,
Гочияева З.У.

Секция технических наук

Боташев А.Ю. – председатель секции, Алиев И.И., Байрамуков С.Х., Бисилов Н.У.,
Мамбетов А.Д.

Секция экономики

Канцеров Р.А. – председатель секции, Семенова Ф.З., Токова Л.Д., Тоторкулов
Ш.М., Узденова Ф.М., Шордан С.К.

Секция юриспруденции

Кочкаров Р.М. – председатель секции, Клименко Т.М., Напсо М.Б., Одегнал Е.А.,
Чочуева З.А.

Секция изобразительного искусства и прикладных видов искусств

Атаева Л.М. – председатель секции, Урусова Н.П., Урусова М.Ю., Хапчаева З.А.

Адрес редакции и издателя: 369000, Россия, КЧР, г. Черкесск, ул. Ставропольская,
36, Северо-Кавказская государственная академия.

Телефон: 8(8782)293648; 8(8782)293560. E-mail: izvest_akad@mail.ru.

<http://ncsa.ru/page/content/nauchno-prakticheskii-i-uchebno-metodicheskii-zhurnal-izvestija-sevkavgga.html>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ИЗВЕСТИЯ

Северо-Кавказской государственной академии

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 2010 ГОДА

Учредитель и издатель –
Северо-Кавказская государственная академия

№ 2, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Байрамуков С.Х., Долаева З.Н., Агабабян В.С. Исследование свойств фибропено- туфобетона и разработка технологии производства стеновых блоков	3
Боташев А.Ю., Борсова Д.М. Анализ возможности применения тепловых насосов, использующих в качестве рабочего тела воздух, для обогрева помещений в условиях Северного Кавказа	9
Кятов Н.Х. Методические аспекты применения case-study при изучении дисциплины механика грунтов	17
Джэндубаев З.А.-З. Моделирование работы солнечной электростанции на крыше здания в городе Чита с использованием программного комплекса PVsyst	25

ЭКОНОМИКА

Хачкизова И.Г. Анализ определений и различий в признании и учете нематериальных активов при стоимостной оценке	37
CONTENTS	42

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 691.533, 691.328.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФИБРОПЕНОТУФОБЕТОНА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ БЛОКОВ

БАЙРАМУКОВ С.Х.^{1, 2}, ДОЛАЕВА З.Н.¹, АГАБАБЯН В.С.²Северо-Кавказская государственная академия¹Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт²

В данной статье проведены исследования, направленные на улучшение прочностных характеристик пенотуфобетона в условиях пропаривания с введением в состав вяжущего добавок извести и гипса. Показано, что дисперсное армирование оказывает положительное влияние на структуру и прочностные характеристики пенотуфобетона. Определена технико-экономическая эффективность использования фибропенотуфобетона для производства мелких стеновых блоков за счет уменьшения расхода цемента и более дешевого заполнителя.

Ключевые слова: рациональное проектирование, теплотехнические характеристики, ячеистый бетон, дисперсное армирование, эксплуатационные свойства, синтетические волокна, стеновые блоки, эффективные заполнители, вяжущие вещества, готовая смесь, технико-экономическая эффективность, туфовый песок.

Современная экономическая ситуация в России характеризуется продолжающимся ростом цен на энергоносители. В этих условиях существенно возрастает роль теплоизоляции ограждающих конструкций зданий в целом и наружных стен в частности, способствующей снижению энергозатрат на их отопление. В связи с этим в настоящее время предлагаются различные варианты конструкций наружных стен, и в таблице 1 приведены некоторые из них.

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические характеристики конструкций наружных стен

№ п/ п	Конструкция стены	Толщина стены, см	Масса 1 м ² стены, кг	Сопротивление тепло- передаче, м ² °С/Вт	Относительная стой- мость 1 м ² стены, %	Трудозатраты на 1 м ² стены, чел.-час		Энергозатраты в произв. материалов на 1 м ² стены, кг усл. топлива
						В производстве	В строительстве	
1	Ячеисто-бетонные блоки с минераловатным утеплителем и облицовкой из керамического кирпича	39,8	285	3,28	100	1,4	3,4	41,3

2	Кирпичная стена с минерало-ватным утеплителем	50,3	535	3,15	137	2,1	4,3	50,5
3	Ячеистобетонные блоки без утеплителя	37,8	175	3,28	98	1,3	2,7	41,1

Из таблицы видно, что стены из ячеистобетонных блоков дешевле стены из пустотелого керамического кирпича с минераловатным утеплителем приблизительно на 40%, полные трудозатраты на производство материалов и возведение стен из ячеистого бетона на 25 – 35 % меньше. Энергозатраты на производство материалов (с учетом производства соответствующего количества утеплителей, растворов, цемента, пиломатериалов) в расчете на 1 м² стены из ячеистобетонных блоков меньше на 20 – 50 %. Техничко-экономические показатели сплошной стены из ячеистого бетона находятся в основном на уровне показателей слоистых ячеистобетонных стен. Преимуществом сплошной кладки является уменьшение трудозатрат при возведении стен в 1,3 раза по сравнению со слоистыми ячеистобетонными стенами и в 1,6 раз по сравнению со стеной из керамического кирпича. Но не следует забывать, что ячеисто-бетонные блоки страдают такими недостатками, как хрупкость и низкая трещиностойкость, что не исключает наличие брака при перевозке и монтаже, а также ухудшение физико-механических свойств в процессе эксплуатации. В ходе выполнения диссертационной работы и в результате литературного обзора было выяснено, что указанные недостатки могут быть устранены дисперсным армированием синтетическими волокнами. В настоящее время уже существует опыт производства монолитного и штучного фибропенобетона с применением кварцевого песка в качестве заполнителя.

Снижения массы, следовательно, и повышения теплотехнических характеристик ограждающей конструкции можно добиться путем рационального проектирования ее из ячеистого бетона.

Наряду с достоинствами, ячеистые бетоны обладают такими недостатками, как хрупкость, большие усадки при высыхании, что сдерживает их применение. Преодоление этих и других недостатков возможно в результате дисперсного армирования пенобетонов синтетическими волокнами и использования эффективных заполнителей и вяжущих веществ. Одним из таких материалов является туфовый песок – вулканическая горная порода, ранее не использовавшаяся в технологии пенобетонов.

Рассматривая фибропенотуфобетон как альтернативу фибропенобетона на кварцевом песке, исходили из следующего.

1. Туфовый песок обладает скрытой гидравлической активностью, что позволяет повысить прочностные характеристики материала.
2. Использование активного заполнителя предполагает снижение расхода цемента.
3. Туфовый песок в деле не требует дополнительного помола, что позволяет снизить энергетические затраты.
4. Применение туфового песка позволяет утилизировать отходы камнепиления туфа.

Для определения эксплуатационных свойств была изготовлена опытная партия мелких стеновых блоков из фибропенотуфобетона. В качестве исходных материалов применялись портландцемент М 400, туфовый песок, отходы

капроновых волокон, переработанные в готовую фибру. Соотношение между цементом и туфовым песком было принято равным 1, водотвердое отношение – 0,39, количество армирующих волокон составляло 0,56% по объему (1,28% по массе). Приготовление смеси, заливка форм осуществлялись по схеме, приведенной на рисунке 1. Перед началом работы расходные бункеры цемента (2) и туфового песка (1), пеногенератор (5) наполняется рабочим раствором пенообразователя, в расходный бункер фибры (4) подаются армирующие волокна. При пуске установки в турбулентный смеситель (7) поступают отдозированные вода и цемент, где они перемешиваются.

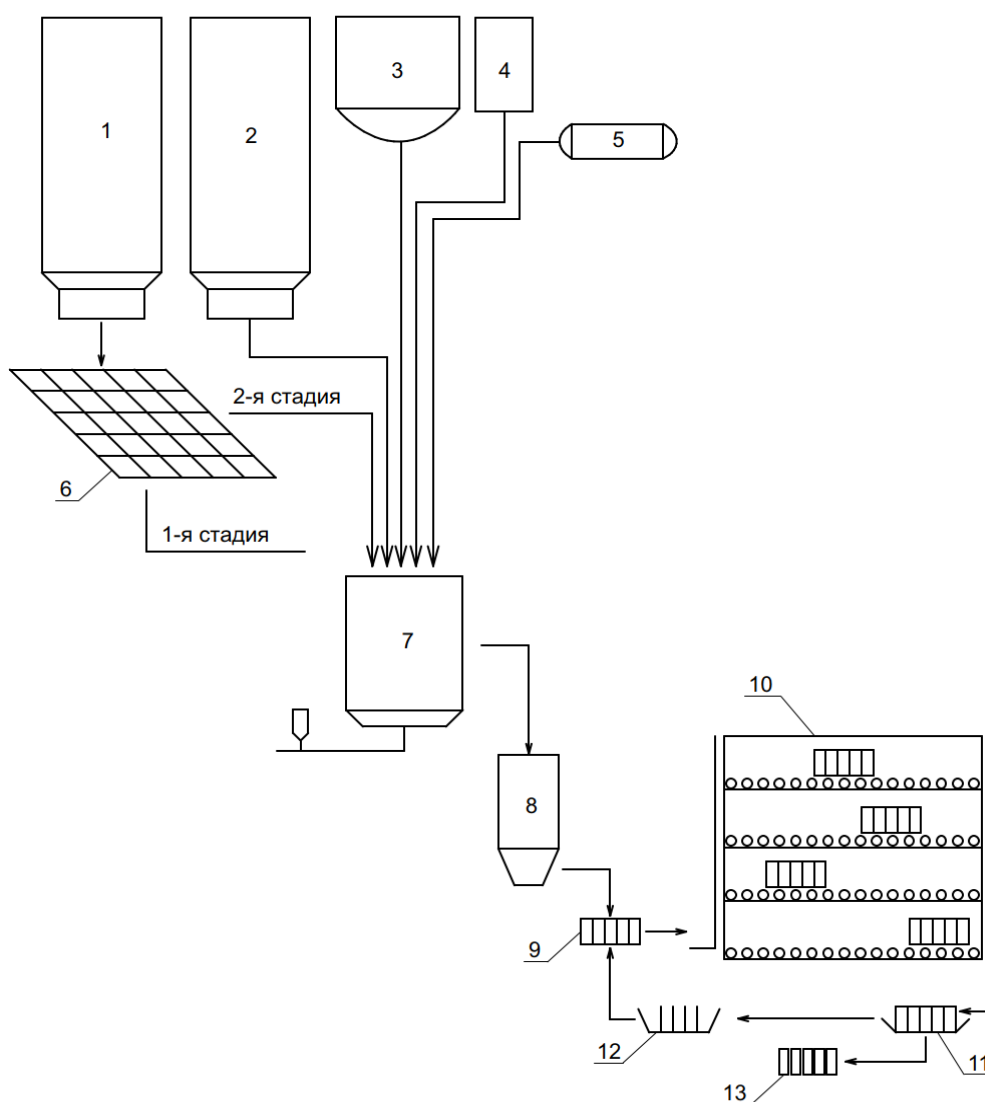


Рис. 1. Технологическая схема производства мелких стеновых блоков из фибропенобетона. Здесь: 1 – расходный бункер туфового песка; 2 – расходный бункер цемента; 3 – бак с водой; 4 – расходный бункер волокон; 5 – пеногенератор; 6 – виброгрохот; 7 – турбулентный смеситель; 8 – бункер; 9 – пост формовки; 10 – пропарочная камера; 11 – пост распалубки; 12 – пост очистки и сборки форм; 13 – склад готовой продукции.

Одновременно с этим включается пеногенератор, туфовый песок подается на виброгрохот (6) и разделяется на две фракции ($d < 0,63$ мм и $d > 0,63$ мм). По мере просеивания более мелкая фракция песка подается в турбулентный смеситель

Введение волокон происходит после получения раствора. В смесителе они равномерно распределяются по объему смеси и одновременно подвергаются распушке. По окончании распушки в смеситель подается готовая пена и перемешивается. В полученную смесь добавляется оставшаяся часть заполнителя, и происходит окончательное приготовление фибропенобетонной смеси. Готовая смесь по лотку подается в бункер (8). Бункер тельфером перемещается на пост формования (9), где происходит заливка форм. После предварительной выдержки фибропенобетонные блоки проходят тепловую обработку. После обработки и остывания блоки распалубливаются (11) и отправляются на склад (13). Очищенные формы собираются, смазываются (12) и используются в следующем цикле.

С целью проведения исследований физико-механических свойств из готовых изделий вырезались балочки размером $4 \times 4 \times 16$ и $7 \times 7 \times 28$ см, и кубики с ребром 10 см. Результаты исследований, представленные в таблице 2, показывают, что ФПТБ удовлетворяет требованиям ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия».

Таблица 2

Физико-механические характеристики фибропенобетона

№ п/п	Наименование показателей	Значения	
		Нормируемые	Фактические
1	Средняя плотность, ρ , кг/м ³	500	492
2	Временное сопротивление сжатию, R , МПа	1,5	1,69
3	Временное сопротивление растяжению, R_{tf} , МПа	-	0,84
4	Усадка при высыхании, ε , мм/м	-	2,2
5	Водопоглощение по массе, W_m , %	-	50,8
6	Водопоглощение по объему, W_v , %	-	25
7	Коэффициент размягчения	0,8	0,84
8	Сорбционное увлажнение W_c , %	-	5,4
9	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, λ , Вт/м·К	0,12	0,094
10	Коэффициент теплопроводности в состоянии естественной влажности, λ , Вт/м·К	-	0,118
11	Морозостойкость (циклов), не менее	25	35

Технико-экономическая эффективность использования фибропенобетона для производства мелких стеновых блоков определялась на основании данных, полученных в ходе заводского эксперимента, и результатов лабораторных исследований. При этом учитывалась возможность изготовления изделий из фибропенобетона, близкого по своим свойствам фибропенобетону на кварцевом песке. В данном случае экономический эффект достигается за счет уменьшения расхода цемента, а также использования более дешевого заполнителя, и оценивается он путем сопоставления стоимости материалов, требующихся для изготовления 1 м³ мелких стеновых блоков. Сравнительная стоимость материалов приведена в таблице 3.

Из таблицы следует, что при использовании в качестве заполнителя туфового песка вместо кварцевого затраты на материалы снижаются на 1 м³ изделия на 439 руб. При этом экономия цемента составляет 39 кг на 1 м³ изделия.

Таблица 3

Стоимость материалов для изготовления 1 м³ мелких стеновых блоков

№ п/п	Наименование	Единицы измерения	Стоимость единицы, руб.	Фибропенобетон на кварцевом песке		Фибропенобетон на туфовом песке	
				Объем материала	Стоимость материала, руб.	Объем материала	Стоимость материала, руб.
1	Цемент	кг	3	364	1092	227	681
2	Песок кварцевый	кг	0,14	91	12,74	-	-
3	Песок туфовый	кг	0,11	-	-	227	24,97
4	Волокна синтетические	кг	29	6,37	184,73	6,37	184,73
5	Пенообразователь клееканифольный	кг	45	9,5	427,5	9,8	387,1
	Итого:				1716,97		1277,8

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Введение в состав вяжущего добавок извести и гипса положительно влияет на прочностные характеристики пенотуфобетона в условиях пропаривания, но при твердении в нормальных условиях предпочтительнее состав пенотуфобетона без добавок, которые снижают водостойкость материала, что ограничивает его область применения.

2. Дисперсное армирование оказывает положительное влияние на прочностные характеристики, а также на структуру (характер пористости) исходного пенотуфобетона.

4. Исследование свойств ФПТБ, армированного капроновыми волокнами, и результаты работ показывают, что этот материал может быть использован в производстве мелких стеновых блоков.

5. Экономический эффект от применения ФПТБ достигается за счет использования более дешевого туфового песка вместо кварцевого, снижения расхода цемента и пенообразователя. Затраты на материалы на 1 м³ изделия снижаются в среднем на 439 руб.

Bayramukov S.H., Dolaeva Z.N., Agababyan V.S. Research of properties of fibrofoamtuboconcrete and development of technology of production of wall units¹

Summary: In this article, studies have conducted aimed at improving the strength characteristics of foam concrete under steaming conditions with the introduction of lime and gypsum into the binder. It shown that dispersed reinforcement has a positive effect on the structure and strength characteristics of foam concrete. The technical and economic efficiency of using fibropenotufobetona for the production of small wall blocks by reducing the consumption of cement and cheaper aggregate is determined.

Keywords: rational design, thermotechnical characteristics, cellular concrete, dispersed reinforcement, performance properties, synthetic fibers, wall blocks, effective aggregates, binders, ready-made mixture, technical and economic efficiency, tuff sand.

¹ Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

Список использованных источников и литературы

1. Багров Б.О., Гуменюк Н.Т., Васильева Т.Д. Дисперсно-армированный ячеистый бетон на шлакощелочном вяжущем // Ячеистый бетон и ограждающие конструкции из него. – М., 1985. – С. 15 – 18.
2. Васильева Т.Д. Фиброармированный безавтоклавный газшлакозоло-силикат повышенной прочности на растяжение // Индустриальные конструкции из ячеистых бетонов и технология их изготовления. - М., 1979.- С. 26-33.
3. Лобанов И.А., Пухаренко Ю.В., Гурашкин Ю.А. Ударостойкость фибробетонов, армированных низко модульными синтетическими волокнами // Технология и долговечность дисперсно-армированных бетонов. -Л., 1984.- С. 86 -93.
4. Поризованные блоки из ГЦПВ для малоэтажного строительства / Грушевский А.Е., Балдин В.П., Веселоватская Е.В. Синянский В.И. // Строит. материалы. - 1996. - № 5. - С. 12 - 13.
5. Рабинович Ф.Н. Бетоны, дисперсно-армированные волокнами. - М., 1976. - 73с.
6. Пухаренко Ю.В. Технология теплоизоляционных ячеистых бетонов, армированных синтетическими волокнами: Дис...канд. техн. наук / Ленингр. инженер. - строит. ин-т. - Л., 1985. - 200 с.
7. Developments in fibre-reinforced concrete. // Consult. Eng. (Gr. Brit.). - 1978. - № 3. - P. 321.
8. Fowier D. Carbon fibre cement. - Civil Eng. - 1974. - № 817. - P. 731 - 736.
9. Овсяков, М. Ю. Технология фибропенобетонов с применением отходов пиления вулканического туфа / М. Ю. Овсяков, А. А. Сухов, Т. А. Хежев // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – Махачкала: ДГТУ, 2015. - № 1. - С. 107-113.

Байрамуков Салис Хамидович – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство и управление недвижимостью» Северо-Кавказской государственной академии (СКГА). Тел. 8(8782) 29-35-52. E-mail: salis_pochta@mail.ru

Долаева Зурьят Ньюжуровна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Строительство и управление недвижимостью» СКГА. Тел. 8 (8782) 29-35-52. E-mail: dolaeva.zu@mail.ru

Агабабян Вануш Сасунович – магистрант 3 курса ТМЗ-0518 Невинномысского государственного гуманитарно-технического института, Тел. 8(6554) 9-67-71. E-mail: info@nggti.ru

УДК 62-69

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ТЕЛА ВОЗДУХ, ДЛЯ ОБОГРЕВА ПОМЕЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

БОТАШЕВ А.Ю., БОРЦОВА Д.М.

Северо-Кавказская государственная академия

В данной статье рассматривается возможность применения воздуха в качестве рабочего тела тепловых насосов; проводится оценка эффективности использования тепловых насосов по сравнению с устройствами электрического обогрева и отопительными котлами, работающими на газообразном топливе.

Ключевые слова: тепловой насос, отопление, термодинамика, экономия, температура.

Тепловые насосы находят все большее применение в различных отраслях промышленности. Во многих странах тепловые насосы используются для обогрева жилых помещений. Основными производителями этих тепловых насосов являются предприятия США, Германии, Китая, Японии, Кореи. В этих тепловых насосах в качестве рабочего тела в основном применяются различные виды хладагентов, в том числе фреоны, а в качестве источника низкопотенциальной энергии чаще всего используется подземная вода, в частности грунтовая вода [1].

Известны также воздушные тепловые насосы. В них в качестве рабочего тела также используются хладагенты, а источником низкопотенциальной энергии служит воздух окружающей среды. При этом за счет энергии воздуха происходит испарение хладагента. Затем эта энергия в конденсаторе передается воздуху или воде, которые осуществляют нагрев отапливаемого помещения [2, 3, 4]. Эти воздушные тепловые насосы достаточно эффективны и пользуются определенным спросом. Однако использование в качестве рабочего тела фреонов существенно усложняет конструкцию тепловых насосов, что значительно повышает их стоимость. Кроме того, использование фреонов обуславливает необходимость соблюдения повышенных норм техники безопасности. Использование в качестве рабочего тела воздуха позволило бы существенно упростить конструкцию воздушных тепловых насосов и соответственно снизить их стоимость. В этой связи целесообразно проведение анализа возможности применения таких тепловых насосов для обогрева помещений в районах с относительно теплым климатом, в частности в условиях Северного Кавказа.

Целью данной работы является оценка эффективности тепловых насосов, использующих в качестве рабочего тела воздух, для обогрева жилых помещений. Для достижения этой цели поставлены следующие основные задачи: анализ термодинамического цикла воздушного теплового насоса и сравнение этого насоса с другими видами отопительных устройств.

Принципиальная схема воздушного теплового насоса, использующего в качестве рабочего тела воздух, представлена на рис. 1. Схема включает в себя компрессор K , турбину Tr , теплообменник T и радиатор P . Турбина Tr связана с компрессором K , благодаря этому энергия, потребляемая компрессором K ,

частично покрывается энергией, вырабатываемой турбиной Tr . Радиатор P располагается в обогреваемом помещении, а теплообменник T располагается снаружи. В теплообменнике происходит теплообмен между воздухом, используемым в качестве рабочего тела насоса, и наружным теплоносителем, т.е. воздухом окружающей среды. Теплоносителем может также служить вода, если имеется ее источник.

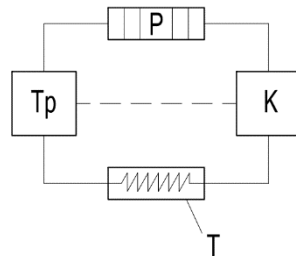


Рис. 1. Схема воздушного теплового насоса

Термодинамический цикл данного теплового насоса аналогичен термодинамическому циклу воздушных холодильных машин.

Диаграмма термодинамического цикла представлена на рис. 2. Термодинамический цикл состоит из двух изобарических и двух адиабатических процессов. Линия 1-2 соответствует процессу нагрева воздухом обогреваемого помещения. При этом абсолютная температура рабочего тела, т.е. воздуха, снижается от T_1 до T_2 , а давление его остается неизменным. На линии 2-3 воздух адиабатически расширяется, совершая работу в турбине. При этом его температура T_3 оказывается значительно ниже температуры окружающей среды. Благодаря этой разности температур подводится теплота q_{34} , и воздух нагревается за счет энергии окружающей среды (линия 3-4). Затем компрессор адиабатически сжимает воздух, и его параметры возвращаются в свои исходные состояния (линия 4-1) [5, 6].

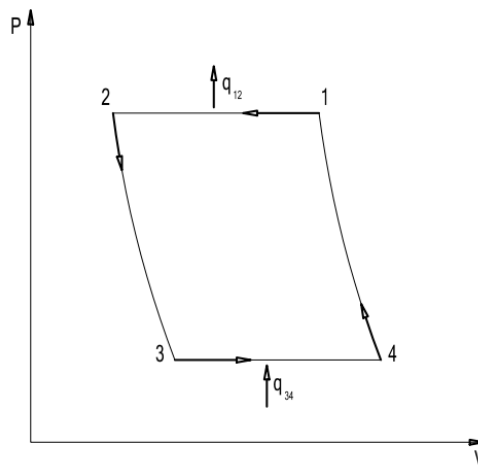


Рис. 2. Термодинамический цикл воздушного теплового насоса

Определим параметры воздуха в характерных точках термодинамического цикла. Используя известные соотношения изобарического и адиабатического процессов, можно записать:

$$V_2 = V_1 T_2 / T_1; \quad (1)$$

$$V_3 = V_2 \left(\frac{P_2}{P_3} \right)^{\frac{1}{k}} = V_2 \left(\frac{P_1}{P_4} \right)^{\frac{1}{k}} = V_2 \Pi^{\frac{1}{k}} = V_1 \frac{T_2}{T_1} \Pi^{\frac{1}{k}}; \quad (2)$$

$$T_3 = T_2 \left(\frac{P_3}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} = T_2 \Pi^{\frac{1-k}{k}}; \quad (3)$$

$$V_4 = V_3 \frac{T_4}{T_3} = V_1 \frac{T_2}{T_1} \frac{T_4}{T_3} \Pi^{\frac{1}{k}}; \quad (4)$$

$$T_4 = T_1 \Pi^{\frac{1-k}{k}}, \quad (5)$$

где V – удельный объем, м³/кг; T – абсолютная температура, К; P – давление, Па; Π – степень сжатия воздуха; k – показатель адиабаты.

Работа термодинамического цикла складывается из работ, совершаемых на отдельных термодинамических процессах, т.е.

$$l_u = l_{23} + l_{34} + l_{41} + l_{12}. \quad (6)$$

Используя формулы для определения работы, совершаемой в изобарическом и адиабатическом процессах, можно записать:

$$l_{12} = P_1(V_2 - V_1); \quad (7)$$

$$l_{23} = \frac{1}{k-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2); \quad (8)$$

$$l_{34} = P_3(V_4 - V_3); \quad (9)$$

$$l_{41} = \frac{1}{k-1} (P_4 V_4 - P_1 V_1). \quad (10)$$

Подставляя зависимости (7)-(10) в уравнение (6) и используя зависимости (1)-(5), после соответствующих преобразований получим формулу для определения работы термодинамического цикла:

$$l_u = -\frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left(1 - \Pi^{\frac{1-k}{k}} \right) \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (11)$$

Считая воздух идеальным газом, воспользуемся уравнением состояния идеального газа[7]. Из этого уравнения следует, что

$$P_1 V_1 = R_1 T_1, \quad (12)$$

где R – газовая постоянная воздуха, Дж/(кг К). Тогда из зависимостей (11) и (12) получим

$$l_u = -\frac{k}{k-1} R_1 T_1 \left(1 - \Pi^{\frac{1-k}{k}} \right) \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (13)$$

Определим теплопроизводительность термодинамического цикла, т.е. количество теплоты q_{12} , отведенной от воздуха в процессе его охлаждения от T_1 до T_2 :

$$q_{12} = C_p (T_1 - T_2) = C_p T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right), \quad (14)$$

где C_p – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг К).

Для идеального газа:

$$C_p = \frac{k}{k-1} R. \quad (15)$$

Тогда из зависимостей (14) и (15) получим:

$$q_{12} = \frac{k}{k-1} RT_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (16)$$

Определим коэффициент преобразования энергии или коэффициент теплопроизводительности термодинамического цикла:

$$\varepsilon_T = \frac{q_{12}}{|l_u|}. \quad (17)$$

Из зависимостей (13), (16), (17) получим:

$$\varepsilon_T = \left(1 - \frac{1}{\Pi^{\frac{k-1}{k}}} \right)^{-1}. \quad (18)$$

Коэффициент теплопроизводительности ε_T показывает, во сколько раз теплота, отводимая от воздуха, больше работы термодинамического цикла. Чем больше ε_T , тем эффективнее тепловой насос.

Из зависимости (18) следует, что величина ε_T зависит только от степени сжатия воздуха Π . График зависимости ε_T от Π представлен на рис. 3. С уменьшением степени сжатия Π величина ε_T непрерывно повышается. При уменьшении Π ниже 3 интенсивность роста ε_T резко повышается. При $\Pi = 2$ величина ε_T составляет 5,56, а при $\Pi = 1,5$ она достигает 9,1, т.е. теплота, производимая тепловым насосом, в 9,1 раз превышает энергию, затрачиваемую на работу насоса.

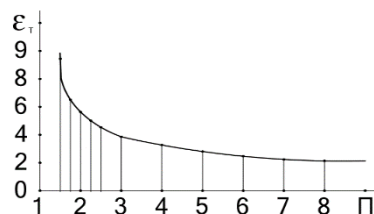


Рис. 3. График зависимости ε_T от Π

Таким образом, чем меньше Π , тем выше ε_T и тем эффективней тепловой насос. Однако, исходя из функционального назначения теплового насоса, существует предельно допустимое значение Π , ниже которого тепловой насос не может функционировать. Определим это значение Π .

Минимально возможное значение Π зависит от вида низкопотенциального источника энергии, используемого в тепловом насосе. Если рядом с отапливаемым помещением имеется пруд, речка, родник или иной источник подземных вод, то в качестве низкопотенциального источника энергии может быть использована вода. При отсутствии такого источника воды используется воздух окружающей среды.

Температуру воды примем равной 5°C , тогда $T_g = 273 + 5 = 278\text{K}$. Для Северного Кавказа температура окружающей среды зимой составляет чаще всего не ниже -5°C , за исключением высокогорных районов. Исходя из этого, примем температуру воздуха равной -5°C ; тогда

$$T_{\text{воз}} = 273 - 5 = 268\text{K}.$$

Для системы отопления обогреваемого помещения примем температуру на входе равной 60°C , а на выходе равной 40°C . Тогда:

$$\begin{aligned} T_1 &= 273 + 60 = 333\text{K}, \\ T_2 &= 273 + 40 = 313\text{K}. \end{aligned}$$

Для обеспечения эффективного теплообмена между рабочим телом теплового насоса и низкопотенциальным теплоносителем абсолютная температура должна быть не менее 15°C .

Определим абсолютную температуру рабочего тела (воздуха) в точках 3 и 4 термодинамического цикла (рис. 2), используя зависимости (3) и (5). Учитывая, что для воздуха $k = 1,4$, и считая $T_1 = 333\text{K}$, $T_2 = 313\text{K}$, по этим зависимостям при $P = 2,25$ получим: $T_3 = 248,4\text{K}$, $T_4 = 264\text{K}$. Тогда разность температур между воздухом и низкопотенциальным теплоносителем, т.е. водой с температурой $T_g = 278\text{K}$, равна:

$$\begin{aligned} \Delta T_{\text{max}} &= T_g - T_3 = 278 - 248,4 = 29,6\text{K}, \\ \Delta T_{\text{min}} &= T_g - T_4 = 278 - 264 = 14\text{K}. \end{aligned}$$

Таким образом, разность температур изменяется от $29,6\text{K}$ до 14K . Среднюю разность температур определим, используя следующую формулу:

$$\Delta T_c = \frac{\Delta T_{\text{max}} - \Delta T_{\text{min}}}{\ln(\Delta T_{\text{max}} / \Delta T_{\text{min}})}. \quad (19)$$

Подставляя в зависимость (19) значения ΔT_{max} и ΔT_{min} , получим $\Delta T_c = 20,8\text{K}$, что вполне приемлемо для обеспечения эффективного теплообмена. При меньших значениях степени сжатия P , например при $P = 2$, средняя разность температур недостаточна для обеспечения эффективного теплообмена между воздухом и водой, поэтому тепловой насос не будет эффективно функционировать. Следовательно, при использовании воды в качестве источника низкопотенциальной энергии минимальное достигаемое значение степени сжатия воздуха P составляет 2,25. При этом согласно зависимости (18) коэффициент преобразования энергии теплового насоса ε_T составляет 4,8.

Аналогичный расчет показал, что при использовании в качестве источника низкопотенциальной энергии воздуха окружающей среды значение $P = 2,25$ неприемлемо. При $P = 2,5$ по зависимостям (3) и (5) получим $T_3 = 240,8\text{K}$, $T_4 = 256\text{K}$. Тогда разность температур между наружным воздухом, имеющим температуру $T_{\text{воз}} = 268\text{K}$, и воздухом внутри теплового насоса составит:

$$\begin{aligned} \Delta T_{\text{max}} &= T_{\text{воз}} - T_3 = 268 - 240,8 = 27,2\text{K}, \\ \Delta T_{\text{min}} &= T_{\text{воз}} - T_4 = 268 - 256 = 12\text{K}. \end{aligned}$$

Подставляя эти значения в зависимость (19), получим $\Delta T_c = 18,6 K$, что вполне приемлемо для обеспечения эффективного теплообмена. Исходя из этого, можно заключить, что при нагреве рабочего тела теплового насоса воздухом окружающей среды минимально допустимое значение степени сжатия Π составляет 2,5.

При расчете этого значения Π принято, что минимальная температура окружающей среды составляет $-5^\circ C$. Однако на Северном Кавказе изредка температура снижается до $-15^\circ C$. В этих случаях тепловой насос должен работать в форсированном режиме, при этом степень сжатия воздуха должна быть не менее 3. Таким образом, при нагреве рабочего тела теплового насоса воздухом окружающей среды величина Π находится в пределах 2,5...3,0. При номинальном режиме работы теплового насоса, когда температура окружающей среды не менее $-5^\circ C$, $\Pi = 2,5$, при этом коэффициент преобразования энергии ε_T снижается до 3,7.

Таким образом, при использовании в качестве источника низкопотенциальной энергии воздуха окружающей среды коэффициент ε_T составляет 3,7...4,3. В известных конструкциях воздушных тепловых насосов, использующих в качестве рабочего тела фреоны, этот коэффициент составляет 4...5,5, т.е. они более экономичны. Однако они имеют высокую стоимость, что существенно увеличивают срок их окупаемости.

Следует отметить, что на Северном Кавказе изредка случается экстремальное похолодание, и температура снижается до $-20...-22^\circ C$. В этой связи при использовании данного теплового насоса целесообразно предусмотреть резервный источник теплоты, например, электрический обогреватель или котел.

Сравним эффективность отопления жилого помещения при помощи данного теплового насоса, устройства электрического обогрева и отопительного котла, работающего на газообразном топливе. Данный тепловой насос потребляет электрическую энергию. При этом выделяемая насосом теплота, идущая на обогрев помещения, в ε_T раз больше потребленной энергии. На номинальном режиме работы насоса величина ε_T составляет 4,3. Следовательно, данный тепловой насос по сравнению с электрическим обогревателем в 4,3 раза меньше потребляет энергию.

Сравним теперь данный насос с котлом, работающим на природном газе. Теплотворная способность природного газа в зависимости от его месторождения колеблется от 35600...36700 кДж/м³, примем ее равной 36000 кДж/м³. Стоимость 1 м³ природного газа, используемого для отопления в Карачаево-Черкесской республике, составляет 6,569 руб./м³. Следовательно, стоимость 1 кДж теплотворной способности газа составляет: $6,569/36000 = 0,000182$ руб. = 0,00182 коп.

Стоимость 1 кВт час электрической энергии в КЧР составляет 4,24 рубля [8]. Энергия 1 кВт час составляет: $4,24/3600 = 0,00118$ руб. = 0,118 коп.

Соотношение стоимостей 1 кДж электрической энергии и тепловой энергии газа составляет $0,118/0,00182 = 6,47$, т.е. электрическая энергия дороже примерно в 6,5 раз. Данный тепловой насос вырабатывает энергию для отопления в ε_T раз больше потребленной им энергии. Исходя из этого и учитывая при номинальном режиме работы насоса что $\varepsilon_T = 4,3$, можно заключить, что соотношение затрат на отопление тепловым насосом и котлом составляет: $6,5 / \varepsilon_T = 6,5 / 4,3 = 1,5$.

Следовательно, отопительный котел, работающий на газе, в 1,5 раза экономичнее данного теплового насоса. В этой связи данный тепловой насос целесообразно использовать в тех населенных пунктах, где нет природного газа.

Выводы

1. Тепловой насос, использующий в качестве рабочего тела воздух, по сравнению с тепловыми насосами, использующими хладагенты, отличается конструктивной простотой, обеспечивающей существенное снижение ее стоимости.
2. Данный тепловой насос при температуре окружающей среды не ниже -5°C в 4,3 раза эффективнее электрического обогревателя, но по сравнению с отопительным котлом, работающем на природном газе, в 1,5 раза менее эффективен.
3. Данный тепловой насос может эффективно использоваться для обогрева помещений на территории Северного Кавказа, однако при этом целесообразно предусмотреть резервный источник обогрева на случай экстренного похолодания.

Botashev A.Y., Borsova D.M. Analysis of the possibility of using heat pumps that use air as a working fluid for space heating in the North Caucasus²

Abstract: *This article considers the possibility of using air as the working fluid of heat pumps; the efficiency of using heat pumps in comparison with electric heating devices and heating boilers running on gaseous fuel is evaluated.*

Keywords: *heat pump, heating, thermodynamics, economy, temperature.*

Список использованных источников и литературы

1. Раяк, М. Б. Развитие зарубежных и отечественных систем отопления и вентиляции гражданских и производственных зданий / М. Б. Раяк. — Москва: Новости теплоснабжения, 2007. — 183 с. — ISBN 978-5-94296-016-2. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/4486.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Меденцова, Н. Л. Отопление: учебное пособие / Н. Л. Меденцова. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2013. — 129 с. — ISBN 978-5-7795-0651-9. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68812.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Савельев, А. А. Отопление дома. Расчет и монтаж систем / А. А. Савельев. — Москва: Аделант, 2009. — 119 с. — ISBN 978-5-93642-172-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/44116.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Семикопенко, И. А. Холодильная техника: учебное пособие / И. А. Семикопенко, Д. В. Карпачев. — Белгород: Белгородский государственный

² Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. — 269 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/28417.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

5. Андреев В.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебник/ Андреев В.В., Лебедев В.А., Спесивцев Б.И.— Электрон.текстовые данные. — СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016.— 288 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71706.html>.— ЭБС «IPRbooks».
6. Лифенцева Л.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лифенцева Л.В.— Электрон.текстовые данные. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2010.— 188 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14394.html>.— ЭБС «IPRbooks».
7. Теплотехника / А. П. Баскаков, Б. В. Берг, О. К. Витт и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.
8. Главное управление Карачаево-Черкесской Республики по тарифам и ценам // <https://tarifkchr.net/>.

Боташев Анвар Юсуфович – д-р техн. наук, профессор, Северо-Кавказская государственная академия (СКГА).

Борсова Диана Мухарбиевна – обучающаяся СКГА. E-mail: kadt@list.ru.

УДК 004.942.001.57

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ CASE-STUDY ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА ГРУНТОВ

КЯТОВ Н.Х.

Северо-Кавказская государственная академия

Описаны характерные особенности кейс-заданий разных типов, применяемых при обучении механики грунтов, приведены примеры обучающих и исследовательских кейс-заданий, рассмотрены подходы к разработке кейс-заданий различных типов по механике грунтов и даны рекомендации по их использованию в учебном процессе.

Ключевые слова: механика грунтов, интерактивные методы обучения, метод «case-study», комплект учебно-проблемных кейс-заданий, формирование компетенций, практические умения и навыки, базовые компетенции.

Строительная отрасль, и особенно жилищное строительство, является важнейшей движущей силой эффективного социально-экономического развития любой страны. Поэтому подготовка квалифицированных рабочих, бакалавров и магистров для строительного комплекса является актуальной задачей.

Сложность подготовки бакалавров-строителей заключается в том, что у них очень разнообразна будущая профессиональная деятельность. Она включает изыскательскую, проектную, технологическую, организационно-управленческую, сервисно-эксплуатационную и экспертно-аналитическую деятельность, которая предусматривают высокий уровень специальных знаний, умений и навыков. Одной из основных общепрофессиональных дисциплин является дисциплина «Механика грунтов», важность роли которой в деятельности специалистов строителей объясняется тем, что более 70% всех аварий промышленных и гражданских строительных объектов происходят прежде всего из-за ошибок, допущенных при оценке грунтовых условий строительных площадок, проектировании, возведении и эксплуатации грунтовых оснований и фундаментов. Изучая разделы данной дисциплины, студенты должны осваивать основные базовые компетенции, необходимые им в будущей профессиональной деятельности при работе на предприятиях стройиндустрии. К таким компетенциям можно отнести категорию системного и критического мышления (УК-1) и теоретической фундаментальной подготовки (ОПК-1), в результате освоения которых у студента должна быть сформирована способность применять системный подход для решения поставленных задач, способность решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук и математического аппарата [1]. Формирование у студентов таких способностей невозможно без широкого использования в учебном процессе активных и интерактивных методов обучения, таких как метод case-study – метод конкретных ситуаций, в основу которых положен комплект учебно-проблемных кейс-задач, который можно отнести к типу ситуационных задач: когда заданы цели и исходные данные, необходимо найти профессиональные действия. Только на практических учебно-проблемных примерах можно попытаться сформировать у студентов системный подход, ставить задачу, строить модель проблемы и

анализировать профессиональные аспекты полученных решений. Метод кейс-стади относится к современным педагогическим технологиям, и поиск возможности его применения в обучении студентов техническим дисциплинам актуален для повышения эффективности учебно-воспитательного процесса.

Анализ научно-методической литературы в области кейс-технологий показал, что практически нет ни теоретических, ни практических работ по ее применению при обучении студентов механике грунтов, не описаны подходы и рекомендации к разработке специальных грунтовых кейсов.

Разработка комплекта учебно-проблемных кейс-заданий по механике грунтов как расчетной дисциплины, в основу которой положены как законы теоретической механики (механики твердых абсолютно несжимаемых тел), так и закономерности сопротивления материалов и теории линейно-деформируемых тел (законы упругости, пластичности, реологии), имеет свою специфику по сравнению с экономическими и управленческими дисциплинами. Поэтому, чтобы иметь возможность использовать методы кейс-технологий при обучении студентов механике грунтов, в процессе изучения отдельных разделов механики грунтов акцент обучения следует переносить не на овладение готовым знанием (методами, законами, зависимостями и т.д.), а на его выработку совместно со студентами, на сотворчество студента и преподавателя. В качестве иллюстрации приведем несколько примеров учебно-проблемных кейс-заданий разных типов и попытаемся выделить некоторые подходы к возможности разработки таких кейсов.

Кейс 1 (обучающий структурированный: заданы цели и исходные данные, необходимо найти профессиональные действия). Определение плотности грунта. Из монолита или керна вырезают образец грунта округлой формы без острых выступающих углов и углублений и взвешивают (массу образца грунта обозначают буквой m_1). Образец грунта покрывают плотной парафиновой оболочкой и взвешивают (массу парафинированного образца грунта обозначают буквой m_2). Над чашей весов устанавливают подставку для сосуда с водой, к серье коромысла подвешивают обвязанный нитью парафинированный образец грунта, опускают его в сосуд с водой (подставка и сосуд с водой не связаны с весами, с весами связан только образец, который не касается дна и стенок сосуда) и выполняют гидростатическое взвешивание парафинированного образца грунта в воде (массу парафинированного образца грунта в воде обозначают буквой m_3). Сосуд с водой устанавливают на циферблатные весы и взвешивают (массу сосуда с водой обозначают буквой m_4). В воду догружают парафинированный образец, подвешенный к штативу, и вновь взвешивают сосуд с водой и погруженным в нее образцом (массу сосуда с водой и грунтом обозначают буквой m_5) [2].

Необходимо установить: 1) почему образец грунта должен иметь округлую форму без острых и выступающих углов и углублений; 2) обязательно ли покрывать образец грунта слоем парафиновой оболочки; 3) для чего взвешивают парафинированный образец грунта в воде; 4) все ли необходимые или лишние данные представлены в кейсе; 5) какой закон из раздела «Механика» курса общей физики следует использовать для решения кейса; 6) как по этим измерениям определяют объем парафинированного образца и плотность грунта; 7) есть ли у кейса альтернативные решения; 8) предложите свой способ определения плотности грунта.

Кейс 2 (обучающий структурированный: заданы цели и исходные данные, необходимо найти профессиональные действия). Определение плотности частиц

грунта. Сухой чистый пикнометр взвешивают (массу пикнометра обозначают буквой m_1). Пикнометр, наполненный примерно на 1/3 объема дистиллированной водой, взвешивают (массу пикнометра с водой обозначают буквой m_2). Через воронку в пикнометр всыпают высушенную пробу грунта и снова взвешивают (массу пикнометра с водой и грунтом обозначают буквой m_3). Пикнометр с водой и грунтом взбалтывают и ставят кипятить на песчаную баню. После кипячения пикнометр охлаждают до комнатной температуры, доливают дистиллированной водой до мерной кольцевой риски на горлышке и взвешивают (массу пикнометра с водой и грунтом после кипячения обозначают буквой m_4). Пикнометр с грунтом и водой после кипячения вакуумируют в течение не менее 1 часа (массу пикнометра с грунтом и водой обозначают буквой m_5). Содержимое пикнометра выливают, ополаскивают, наливают дистиллированную воду до мерной кольцевой риски и взвешивают (массу пикнометра с водой обозначают буквой m_6) [2].

Необходимо установить: 1) как по этим измерениям определяют массу высушенной пробы грунта; 2) зачем пикнометр с грунтом и водой необходимо кипятить; 3) для чего пикнометр с грунтом и водой после кипячения остужают до комнатной температуры; 4) все ли необходимые или лишние данные представлены в кейсе; 5) зачем пикнометр с грунтом и водой необходимо вакуумировать; 6) как по этим измерениям определяют объем частиц грунта и плотность частиц грунта; 7) есть ли у кейса альтернативные решения; 8) предложите свой способ определения плотности частиц грунта.

Для данных обучающих кейсов можно было из ГОСТа [2] привести конечные формулы, по которым определяются плотность грунта и плотность частиц грунта, но полезнее и эффективнее будет, если студенты на основе логичных рассуждений и аналитических выкладок сами получают эти зависимости. При таком подходе изучения данного вопроса студенты системно вовлекаются в решение учебно-проблемных заданий, материал лучше усваивается, остается в памяти на более длительный срок и способствует развитию у студентов различных практических навыков, таких как творческое решение проблемы и формирование умения анализа ситуации и принятия решения и, как следствие, формированию общепрофессиональных компетенций.

В результате обсуждения решения обучающих кейс-заданий студенты каждое свое действие, каждое свое предложение или предположение должны не просто высказывать, а аргументировано обосновывать на основе имеющихся знаний по предшествующим взаимодополняющим дисциплинам (например, физика, математика, строительные материалы, инженерная геология), и должны уметь при необходимости отстаивать его. Например, студентам для решения первого кейса необходимо, прежде всего, вспомнить из раздела «Механика» общей физики подраздел «Статика жидкостей и газов» [3].

Кейс 3 (обучающий исследовательский: заданы цели и исходные данные, необходимо найти профессиональные действия). Исследование степени влияния формы подошвы влияющего фундамента на напряженно-деформированное состояние основания основного фундамента [4]. Пусть по исследуемым фундаментам и грунту основания имеются следующие данные (схема расположения фундаментов в плане показана на рис. 1): площади подошвы обоих фундаментов равны $5,76 \text{ м}^2$, ширина и длина подошвы основного (1 на рис. 1) фундамента равны $2,4 \text{ м}$; среднее давление под подошвой обоих фундаментов равно 400 кПа ; расстояние между фундаментами в свету равно $0,4 \text{ м}$; размеры

подошвы влияющего фундамента переменные и равны a и b ; удельный вес и модуль деформации грунта равны $19,8 \text{ кН/м}^3$ и $7,8 \text{ МПа}$.

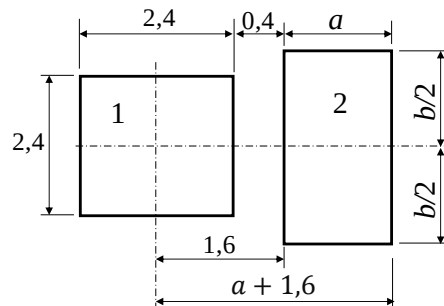


Рис. 1. Схема расположения фундаментов в плане

Необходимо установить: 1) величину соотношения размеров подошвы влияющего (2 на рис. 1) фундамента (a/b), при которой уровень взаимного влияния фундаментов станет минимальным; 2) все ли необходимые или лишние данные представлены для решения кейса.

Кейс 4 (обучающий исследовательский: заданы цели и исходные данные, необходимо найти профессиональные действия). Исследование влияния формы подошвы прямоугольного фундамента на величину его осадки. Пусть имеются следующие исходные данные: площадь подошвы фундамента и среднее давление на основание равны $15,21 \text{ м}^2$ и 300 кПа ; размеры подошвы фундамента неизвестны и переменные и приняты равными b и l ; глубина заложения подошвы фундамента равна $1,8 \text{ м}$; удельный вес и модуль деформации грунта равны $19,6 \text{ кН/м}^3$ и $8,3 \text{ МПа}$.

Необходимо установить: 1) характер влияния соотношения размеров подошвы прямоугольного фундамента (l/b) на величину осадки основания; 2) все ли необходимые или лишние данные представлены для решения кейса.

В процессе обсуждения вариантов решения кейс-заданий 3 и 4 в силу большого объема вычислительной рутинной работы, снижающей внимание и познавательную активность, студенты могут воспользоваться специально составленной для этих кейсов программой [5], встроенной в общедоступную программу электронных таблиц MS Excel на языке Visual Basic for Applications, которая вполне достаточна для эффективного анализа учебно-проблемных исследовательских кейс-заданий по механике грунтов. Умение использовать программу электронных таблиц MS Excel при решении профессиональных вопросов является не только необходимым условием успешной учебы, но и важнейшей характеристикой современного специалиста. Программа составлена таким образом, что она выполняет только трудоемкую рутинную вычислительную работу, а студенту предлагается принимать в диалоговом режиме конкретные решения для анализа чувствительности получаемых результатов к изменениям входных параметров (размеры подошвы фундамента), проигрывание ситуаций «что – если» и т.п. Например, при решении третьего кейса после запуска программа открывает окно «Описание», где указывается, что приложение определяет распределение напряжений по глубине основания прямоугольного фундамента с учетом и без учета влияния соседнего прямоугольного фундамента. Программа последовательно открывает несколько диалоговых окон, в которые студент в зависимости от расположения фундаментов в плане, действующих нагрузок и других параметров в диалоговом режиме выбирает соответствующие

переключатели и вводит необходимые данные в текстовые поля открывающихся окон, например, в текстовые поля диалогового окна «Исходные данные» (рис. 2) вводятся размеры основного и влияющего фундамента.

РАЗМЕРЫ ОСНОВНОГО И ФИКТИВНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

основного фундамента

2.4 ширина подошвы, м

2.4 длина подошвы, м

1 фиктивного фундамента

1.44 ширина подошвы, м

3.6 длина подошвы, м

2 фиктивного фундамента

1.44 ширина подошвы, м

3.6 длина подошвы, м

3 фиктивного фундамента

1.44 ширина подошвы, м

1.6 длина подошвы, м

4 фиктивного фундамента

1.44 ширина подошвы, м

1.6 длина подошвы, м

OK

ОТМЕНА

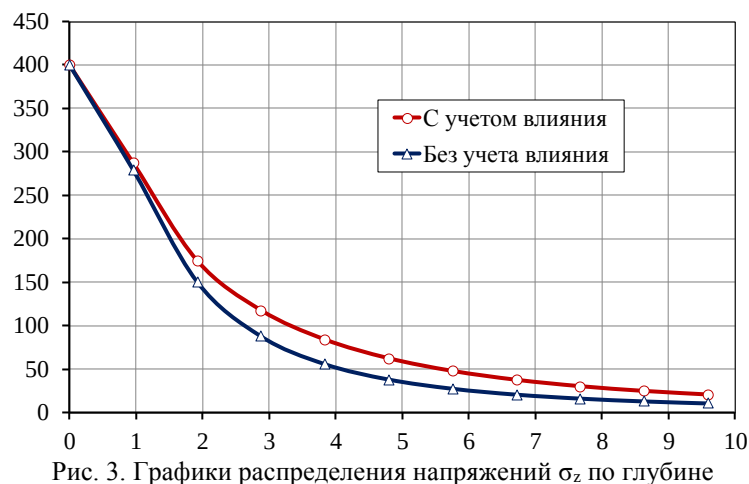
Рис. 2. Исходные данные

Таблица 1

Результаты расчета напряжений

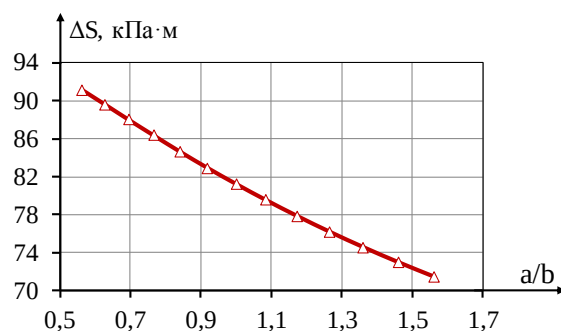
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6	Уровни	z	ξ	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	$\sigma_{zp,1}$	$\sigma_{zp,2}$	$\sigma_{zp,3}$	$\sigma_{zp,4}$	σ_{zp}'	σ_{zp}	Давление	400,00	
7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	400,00	400,00	Ширина	1,44	
8	1	0,96	1,33	0,67	0,67	0,67	0,67	91,65	91,65	87,68	87,68	278,96	286,90	Шаг	0,96	
9	2	1,92	2,67	1,33	1,33	1,33	1,33	69,74	69,74	57,68	57,68	150,52	174,64	Ширина 1	1,44	
10	3	2,88	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	50,95	50,95	36,09	36,09	87,63	117,34	Ширина 2	1,44	
11	4	3,84	5,33	2,67	2,67	2,67	2,67	37,63	37,63	23,62	23,62	55,62	83,63	Ширина 3	1,44	
12	5	4,80	6,67	3,33	3,33	3,33	3,33	28,39	28,39	16,35	16,35	37,90	61,97	Ширина 4	1,44	
13	6	5,76	8,00	4,00	4,00	4,00	4,00	21,91	21,91	11,88	11,88	27,29	47,35	η	2,50	
14	7	6,72	9,33	4,67	4,67	4,67	4,67	17,28	17,28	8,98	8,98	20,51	37,12	η_1	2,50	
15	8	7,68	10,67	5,33	5,33	5,33	5,33	13,90	13,90	7,00	7,00	15,94	29,75	η_2	2,50	
16	9	8,64	12,00	6,00	6,00	6,00	6,00	11,39	11,39	5,60	5,60	12,73	24,30	η_3	1,11	
17	10	9,60	13,33	6,67	6,67	6,67	6,67	9,48	9,48	4,58	4,58	10,39	20,18	η_4	1,11	

Изменяя в диалоговом режиме входные параметры кейса, программа вычисляет распределение напряжений до расчетной глубины через заданные промежутки по глубине. Например, при размерах подошвы основного фундамента 2,4·2,4 м и влияющего фундамента – 2,0·2,88 м распределение напряжений по глубине без учета влияния соседнего фундамента представлены в таблице 1 в столбце L(7: 17), а в столбце M(7: 17) – с учетом влияния соседнего фундамента.

Рис. 3. Графики распределения напряжений σ_z по глубине

Графики распределения вертикальных нормальных напряжений с учетом и без учета влияния соседнего фундамента показаны на рис. 3.

Если за критерий оценки степени взаимного влияния соседних фундаментов принять разность площадей эпюр ΔS вертикальных сжимающих напряжений с учетом и без учета влияния, то результаты многочисленных расчетов показали, что с увеличением отношения (a/b) сторон влияющего фундамента степень взаимного влияния фундаментов уменьшается (рис. 4), т.е. их взаимное влияние снижается с удалением центра тяжести подошвы влияющего от оси основного фундамента.

Рис. 4. График зависимости разности площадей эпюр ΔS напряжений по глубине с учетом и без учета взаимного влияния фундаментов от отношения сторон влияющего фундамента a/b

Чтобы лекционные и практические занятия на основе case-study были эффективными, необходимо, чтобы учебно-проблемные кейс-задания были конкретными по своей предметной и практической направленности и имели определенную методику их использования в учебном процессе. Методическая проработанность проблемной ситуации должна создавать творческую атмосферу для поиска решения и совместной дискуссии в группе. Удачность выбора проблемной ситуации определяется степенью ее соответствия изучаемой дисциплине и наличием в ней нестандартности, некоторой интриги, что придает ей интересность, побуждает исследовательскую мотивацию. Решение учебно-проблемных кейс-заданий помогает обобщить знания, полученные при изучении различных дисциплин. Все представленные в статье кейсы снабжены наглядно и

красочно оформленными слайдами с информацией, необходимой для более яркого, убедительного описания проблемной ситуации. Например, на слайде первого кейса наглядно в виде схем представлены все этапы проводимых измерений: вид образца округлой формы, обвязанный нитью и подвешенный к серьге коромысла парафинированный образец, схема гидростатического взвешивания парафинированного образца грунта в воде на коромысловых весах с сосудом с водой и подставкой, схема условия равновесия парафинированного образца грунта в воде с действующими силами.

Результативность подготовки и проведения учебных занятий со студентами для формирования способности применять системный подход для решения задач профессиональной деятельности и умений решать учебно-проблемные кейс-задания может включать следующие этапы: 1) презентационный (наглядное представление содержания кейса не только голыми цифрами и текстом, но и иллюстрационными схемами, рисунками, таблицами, графиками, способными захватить все внимание студентов, провоцировать дискуссию, привязывая внимание студентов к решению кейса); 2) мотивационный (создание условий, при которых студент максимально заинтересован в познавательной и мыслительной деятельности и активно втягивается в процесс группового анализа кейс-задания); 3) коммуникационный (предварительный совместно со студентами анализ возможных взаимосвязей между исходными данными и искомыми параметрами кейса; наличие набора вопросов, подталкивающих студентов к решению поставленной проблемы); 4) диагностический (выявление пробелов в системе подготовки студентов по механике грунтов и другим предшествующим взаимодополняющим дисциплинам).

Таким образом, обобщение результатов подготовки студентов по механике грунтов позволяет сделать следующие выводы:

1. Освоение студентами материала дисциплины механики грунтов определяется не только применением образовательных кейс-технологий и учебно-методических материалов, но и формируемой базой знаний, умений, навыков и компетенций в период обучения по предшествующим взаимодополняющим дисциплинам.
2. Эффективность анализа учебно-проблемных исследовательских кейс-заданий, требующих многочисленных вычислительных однотипных операций, значительно повышается, если использовать встроенный в общедоступную программу электронных таблиц MS Excel язык программирования Visual Basic for Applications.
3. При разработке обучающих учебно-проблемных кейс-заданий по механике грунтов для развития аналитических и оценочных навыков студентов следует выделять проблемную ситуацию по постановке задачи, по способу ее решения таким образом, чтобы роль преподавателя сменялась с простого «разжевывания» знаний к организации процесса их добывания.
4. Для формирования информационной компетентности студентов грунтовый кейс может содержать избыточную (ненужную для решения учебно-проблемной задачи) информацию или может требовать поиска дополнительной недостающей информации, что способствуют развитию умения отделять ненужную от действительно необходимой информации.

Kyatov N.H. Methodological aspects of using case-study
in studying the discipline of soil mechanics³

Summary: *The author describes the characteristic features of different types of case tasks used in teaching soil mechanics, provides examples of training and research case tasks, considers approaches to developing case tasks of various types in soil mechanics, and gives recommendations for their use in the educational process.*

Key words: *soil mechanics, interactive teaching methods, the "case-study" method, a set of educational and problem case tasks, the formation of competencies, practical skills, basic competencies.*

Список использованных источников и литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство // Министерство образования и науки Российской Федерации. М.: 2017. – 31 с.
2. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
3. Краткий курс общей физики: учеб. пособие / Ю.А. Барков, Г.Н. Вотинов, О.М. Зверев, А.В. Перминов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 407 с.
4. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 1034 с.
5. Кяттов Н.Х., Кяттов Р.Н. Расчет осадки фундамента с учетом влияния соседнего фундамента // Программа на языке Visual Basic for Applications.

Кяттов Нурби Хусинович – канд. технич. наук, доцент кафедры строительства и управления недвижимостью Северо-Кавказской государственной академии. E-mail: kyatov@mail.ru

³ Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

УДК 621.311.29

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА КРЫШЕ ЗДАНИЯ В ГОРОДЕ ЧИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PVsyst

ДЖЕНДУБАЕВ З.А.-З.

Московский энергетический институт,
ООО «Читаэлектростроймонтаж», г. Чита

В статье представлены результаты моделирования работы соединённой с сетью солнечной электростанции, расположенной на крыше здания в городе Чита. Моделирование проводилось с использованием программного комплекса PVsyst. При моделировании солнечной электростанции использовались данные о приходе солнечной радиации, учитывалась ориентация панелей, климатические условия, характеристики здания. Выбрано основное оборудование солнечной электростанции: фотоэлектрические панели, инвертор. Представлена 3D-модель для определения диаграммы затенения. Доказана обоснованность использования солнечной электростанции в офисном здании, расположенном в городе Чита.

Ключевые слова: солнечная панель, электростанция, солнечная радиация, PVsyst, фотоэлектрическая система.

Введение

На сегодняшний день объёмы потребления электроэнергии неуклонно возрастают за счет развития экономики и прироста населения. Традиционная энергетика, использующая невозобновляемые ресурсы, не имеет будущего, поскольку, с одной стороны, она наносит ощутимый вред экологии, а с другой стороны, невозобновляемые ресурсы по прогнозам будут полностью исчерпаны в ближайшие столетия. В связи с этим возникает жизненно важная необходимость в развитии и становлении энергетики, основанной на возобновляемых источниках.

Следует отметить, что город Чита является административным центром Забайкальского края, на территории которого количество часов солнечного сияния составляет 2000-3000 ч. в год [1]. По этому показателю Забайкальский край является одним из благоприятных регионов в России. Приход возможной суммарной солнечной радиации при безоблачном (ясном) небе на горизонтальную поверхность на территории Забайкальского края составляет за год около 6000-6700 Мдж/м², прямой – около 4900-5600 Мдж/м², рассеянной – около 1100-1200 Мдж/м², с максимальными значениями в южных и юго-восточных районах и минимальными в центральной части исследуемого региона [2]. Соответственно, регион является перспективным с точки зрения солнечной энергетики.

Целью данной работы является моделирование солнечной электростанции, соединённой с общей сетью. Солнечная электростанция располагается на крыше здания в г. Чите. Моделирование проводилось с использованием лицензированной версии PVsystV 7.1 [3].

Особенности солнечной электростанции на крыше здания

В работе предусматривается установка солнечной электростанции на крыше коммерческого здания, расположенного в г. Чите и представляющего собой отдельно стоящее строение прямоугольной формы с плоской крышей, тремя полноценными этажами, одним цокольным этажом, с собственным распределительным тепловым пунктом. В здании располагаются офисы, а также магазин различных товаров (цокольный этаж).

Общая площадь крыши составляет 731 м^2 , при этом она почти вся пригодна для размещения солнечной электростанции (рис.1).

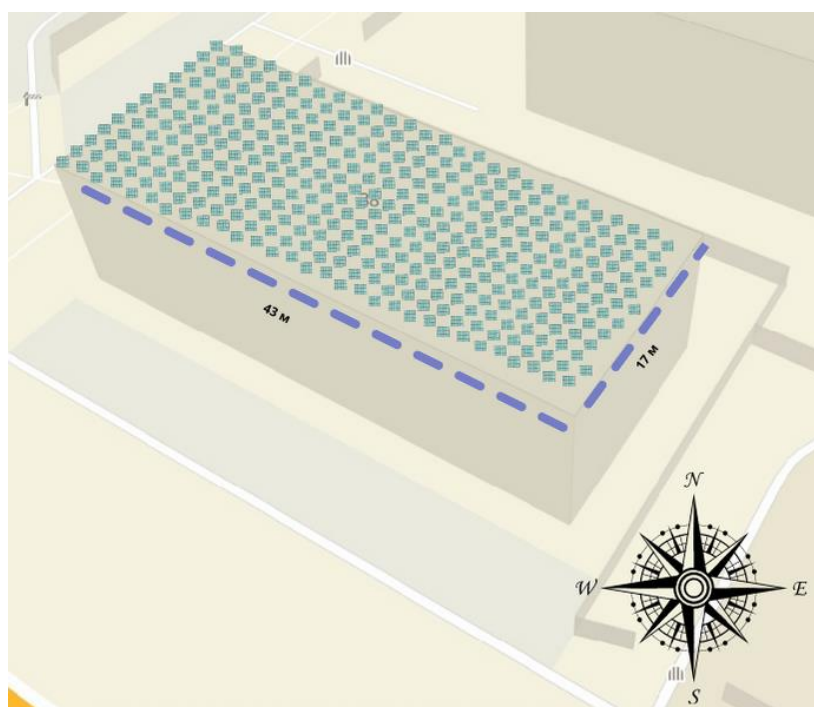


Рис. 1. Принципиальная схема расположения панелей на крыше

В здании используются различные виды электрического оборудования, такие как компьютеры, принтеры, иная офисная техника, телевизоры, освещение. Из крупных потребителей стоит отметить постоянно работающий серверный центр, расположенный в здании, несколько насосов, расположенных в распределительном пункте, а также систему кондиционирования.

Максимум нагрузки приходится на летний период в связи с повышением температуры окружающей среды и как следствие – ростом интенсивности работы системы кондиционирования здания. Годовое потребление за 2019 г. составило чуть более 450 МВт·ч. С июня по август среднее потребление энергии равнялось 41 тыс. кВт·ч., а в остальные 9 месяцев – 36,3 тыс. кВт·ч.

Моделирование солнечной электростанции с помощью программного комплекса PVsyst

На сегодняшний день существует достаточно большое количество специализированных программных инструментов для определения параметров расчета, анализа и моделирования солнечных фотоэлектрических систем. Одним из лидеров в данном направлении является программный пакет PVsyst, разработанный в Швейцарии.

PVsyst имеет обширный функционал для проектирования солнечной электростанции, включающий в себя следующие возможности: моделирование различных режимов работы (автономный, соединенный с сетью), выбор местоположения с автоматической загрузкой метеоданных, выбор необходимого оборудования (солнечных панелей, инверторов, аккумуляторных батарей и т.д.) из собственной базы данных, 3D-моделирование для определения затенения солнечных панелей.

Для моделирования солнечной электростанции необходимо следующее:

- определить географическое местоположение исследуемого объекта;
- выбрать источник данных о приходе солнечной радиации, источник метеорологических данных;
- определить ориентацию приемной площадки (фиксирование, угол, азимут) для максимальной выработки электроэнергии солнечными панелями;
- выбрать тип, технические характеристики, количество солнечных панелей, инвертора, аккумуляторных батарей и контроллера заряда и разряда аккумулятора (при наличии);
- изменить, при необходимости, данные для расчёта потерь системы (моделируются автоматически с учетом выбранного оборудования);
- определить потребность в электроэнергии (нагрузку);
- разработать, при необходимости, модель с затенением панелей.

Для исследуемого здания в городе Чите выбрано географическое положение с координатами 52,1° с.ш. и 113,3° в.д. Данные о приходе солнечной радиации, а также метеорологические данные для заданного местоположения получены из специализированной базы данных (СБД) Meteonorm [4], интегрированной в PVsyst. Данные о приходе солнечной радиации представлены на рис. 2.

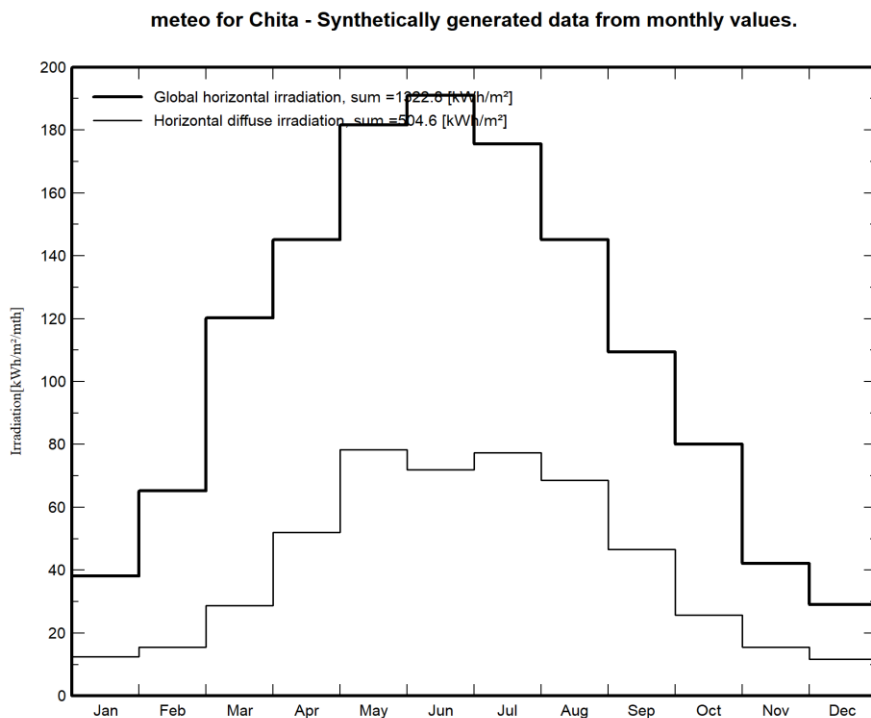


Рис. 2. Данные о приходе солнечной радиации PVsyst из СБД Meteonorm

На этапе ориентации необходимо настроить и выбрать оптимальный угол наклона для максимальной выработки электроэнергии. Для максимальной эффективности солнечные панели обращены на юг, угол наклона выбран с учетом среднегодового прихода радиации. Наклон составляет 48° , азимут 0° , что является наиболее оптимальным для максимальной выработки электроэнергии в данной местности. Интерфейс определения ориентации солнечных модулей представлен на рис. 3.

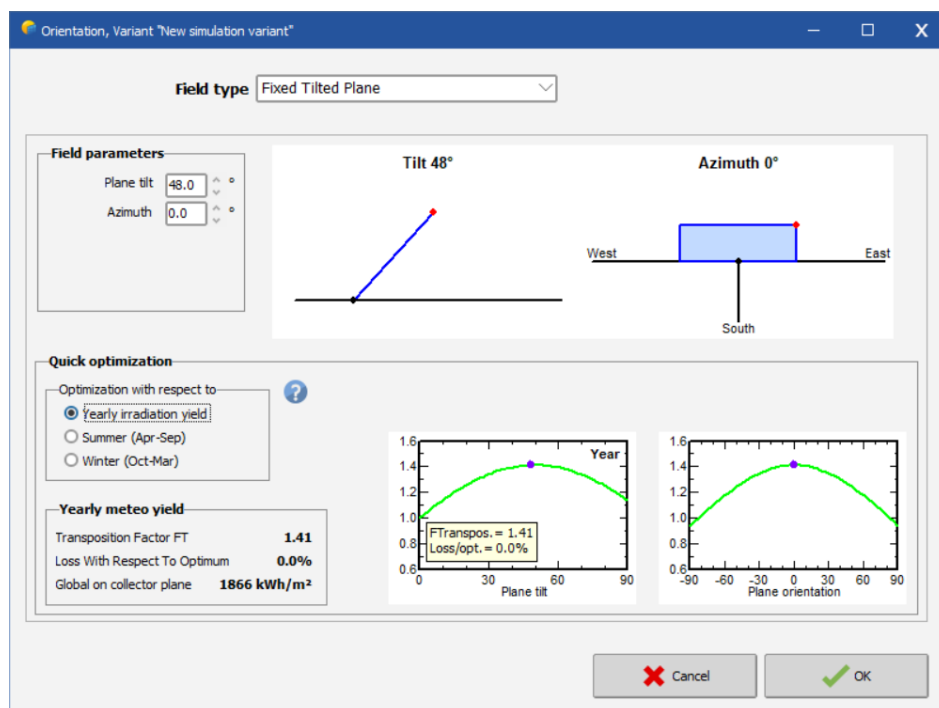


Рис. 3. Наклон и ориентация приемной площадки

Оборудование солнечной электростанции было выбрано с учетом табл.1. Система состоит из двадцати трех модулей, каждый из которых состоит из восемнадцати последовательно соединенных стрингов. Таким образом, максимальная установленная мощность составляет 137 кВт. Каждый инвертор имеет два MPPT (maximum power point tracking) контроллера с тремя выходами на каждый контроллер.

Таблица 1.

Оборудование солнечной электростанции

Оборудование	Единица измерения	Количество
Солнечная панель Jinkosolar JKM330M-60H-V	шт.	414
Инвертор SofarSolarSOFAR 30000TL-G2	шт.	4
Установочная арматура для панелей	комплект	1
Распределительный щит	шт.	1
Вспомогательное оборудование (соединительные коробки, электрокабели, система заземления и др.)	комплект	1

Sub-array

Sub-array name and Orientation

Name:

Orient.: **Fixed Tilted Plane**

Tilt: **48°**

Azimuth: **0°**

Pre-sizing Help

☐ No sizing

Enter planned power: kWp

☒ ... or available area(modules): m²

Select the PV module

Available Now: Filter:

Maximum nb. of modules: **414**

Jinkosolar: 330 Wp 28V Si-mono JKM330M-60H-V Since 2020 Datasheets 2020

☐ Use optimizer

Sizing voltages : Vmpp (60°C) **29.4 V**

Voc (-10°C) **45.5 V**

Select the inverter

Available Now: Output voltage: 400 V Tri 50Hz

SofarSolar: 30 kW 230 - 960 V TL 50/60 Hz SOFAR 30000TL-G2 Since 2019

Nb of MPPT inputs: ☒

Operating voltage: **230-960 V** Inverter power used: **120 kWac**

☒ Use multi-MPPT feature

Input maximum voltage: **1100 V** **inverter with 2 MPPT**

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: ☐ between 8 and 24

Nb. strings: ☒ between 20 and 23

Overload loss: **0.4 %**

Pnom ratio: **1.14**

Nb. modules: 414 Area: 699 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C) **529 V**

Vmpp (20°C) **621 V**

Voc (-10°C) **819 V**

Plane irradiance: **1000 W/m²**

Imp (STC) **225 A**

Isc (STC) **237 A**

Isc (at STC) **237 A**

☐ Max. in data

☒ STC

Max. operating power (at 1000 W/m² and 50°C) **124 kW**

Array nom. Power (STC) 137 kWp

The array Isc value is greater than the inverter maximum input current (i.e. (i.e. 18.8 A/input)). (Info, not significant)

Рис. 4. Окно выбора оборудования солнечной электростанции

PVsyst позволяет выбрать несколько вариантов профиля нагрузки: неизменное фиксированное значение, месячный профиль, дневной профиль, возможное потребление, профиль нагрузки, ориентированный для домохозяйств, загрузка собственного профиля. В данном случае был выбран вариант с месячным профилем нагрузки здания (рис. 5).

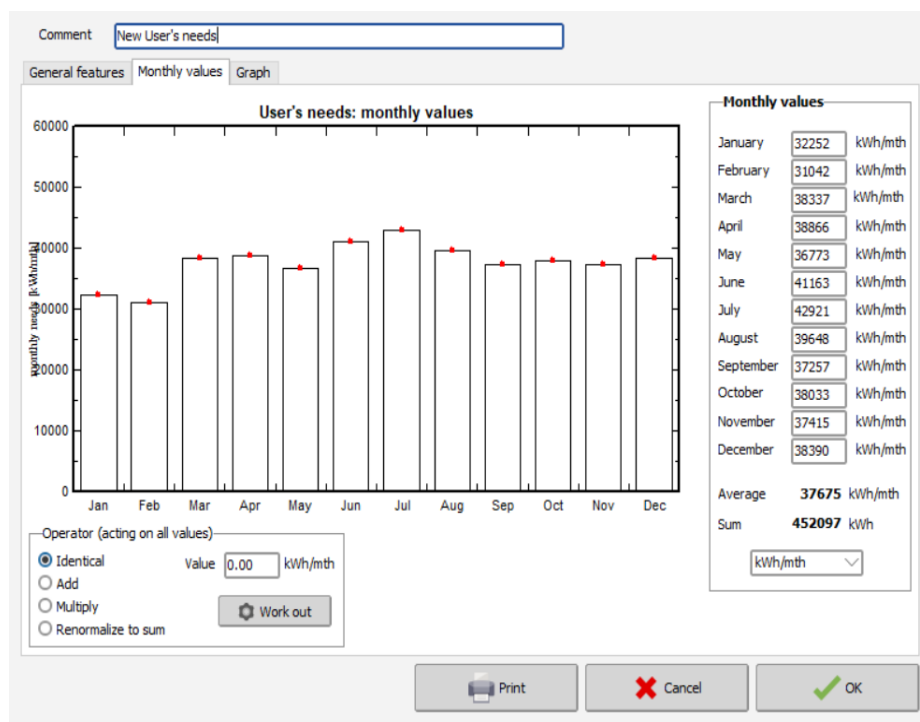


Рис. 5. Окно выбора нагрузки исследуемого здания

Для определения условий эксплуатации солнечной электростанции необходимо построить 3D-симуляцию с ближайшими к зданию объектами. Трехмерное построение предполагает наличие архитектурных планов, чтобы определить точные размеры здания, положения и высоты массива и окружающих препятствий. 3D-модель построена с учетом ближайших к зданию препятствий (небольшие деревья, жилой дом) (рис. 6).

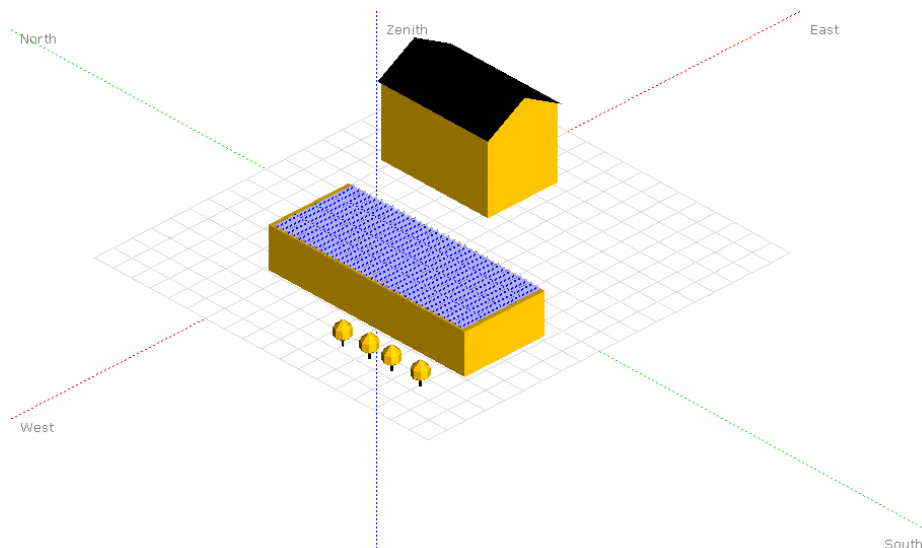


Рис. 6. 3D-симуляция эффекта тени

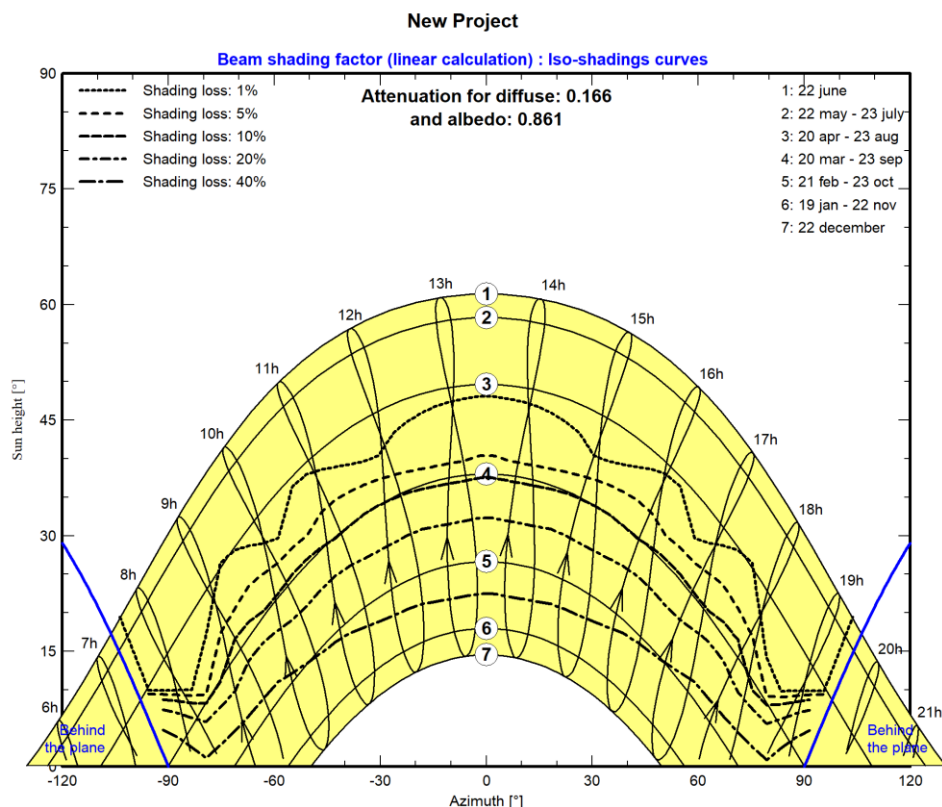


Рис. 7. Горизонт и диаграмма затенения

График горизонта учитывает все препятствия местности, где располагается СЭС, как от дальних объектов, так и ближних, на расстоянии не менее 50 м. Здесь можно увидеть, каким будет затенение с 22 июня по 22 декабря (рис. 7).

Анализ результатов моделирования основных электроэнергетических показателей солнечной электростанции

В результате моделирования генерируются графики и таблицы, в которых отражены данные по основным параметрам, задаваемым в процессе моделирования проекта.

Из диаграммы, представленной на рис. 8, видно, что потери электроэнергии солнечных панелей, связанные с затенением, максимальны и составляют 20,1%, однако они нивелируются диффузной составляющей общего прихода солнечной радиации на площадку. Эффективное излучение на поверхности солнечной панели, под действием которого производится электрическая энергия, составляет 1418 кВт·ч/м².

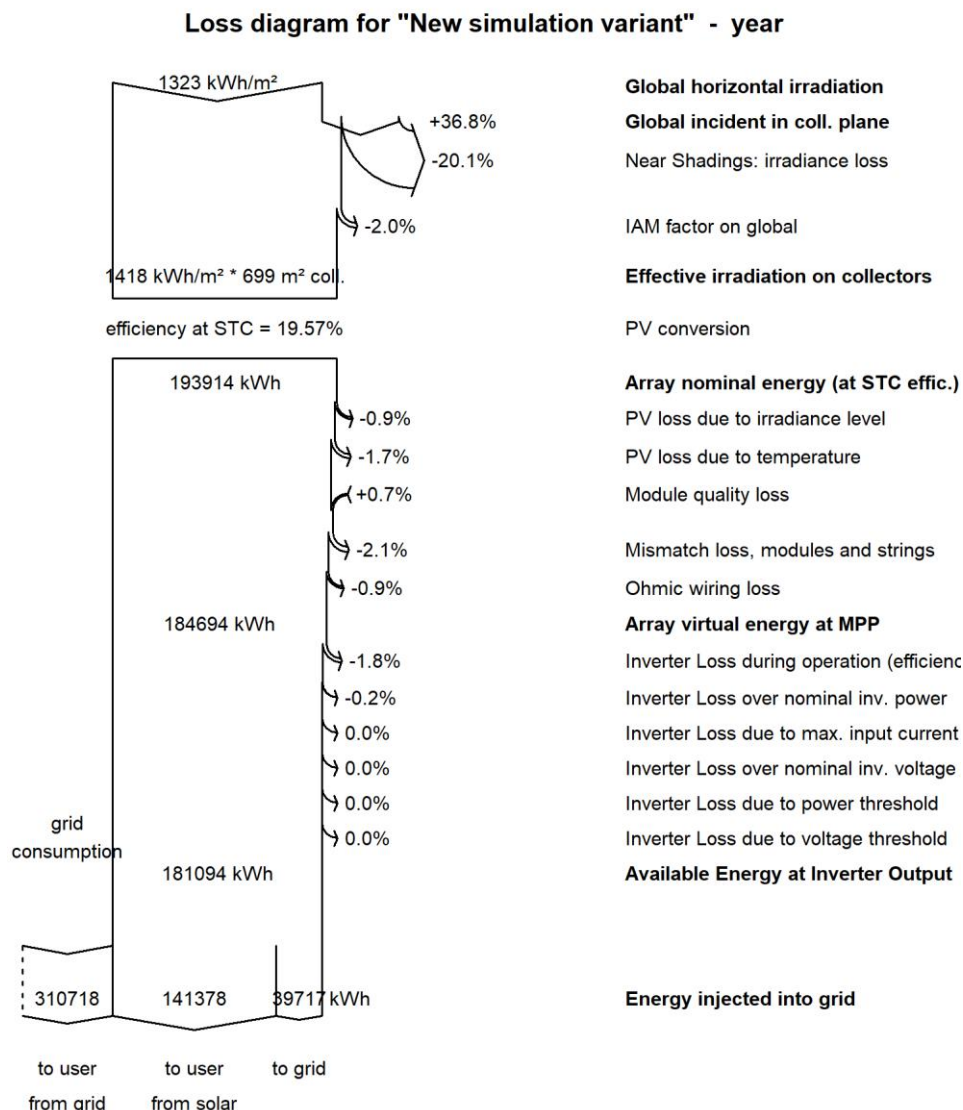


Рис. 8. Диаграмма годовых потерь электроэнергии солнечной электростанцией

После преобразования солнечной энергии в электрическую номинальная энергия при стандартных условиях испытаний (STC) составляет 193914 кВт·ч. Общий КПД солнечных панелей при STC равен 19,57%. Дополнительные потери в системе: 0,9% – потери из-за уровня солнечной радиации, 1,7% – потери из-за температуры, 2,1% – «потери несоответствия» – возникают при последовательно соединенных элементах модуля, когда минимальный ток элемента является минимальным током модуля, 0,9% – сопротивление цепи постоянному току, 2% – потери инвертора. Таким образом, эффективная энергия на выходе инвертора с учетом всех потерь в системе составила 181094 кВт·ч. На рис. 9 показано распределение мощности по месяцам. Потери энергии на установленный киловатт, связанные с солнечными панелями, составляют 1,26 кВт·ч в сутки, в то время как потери в системе – около 0,07 кВт·ч.

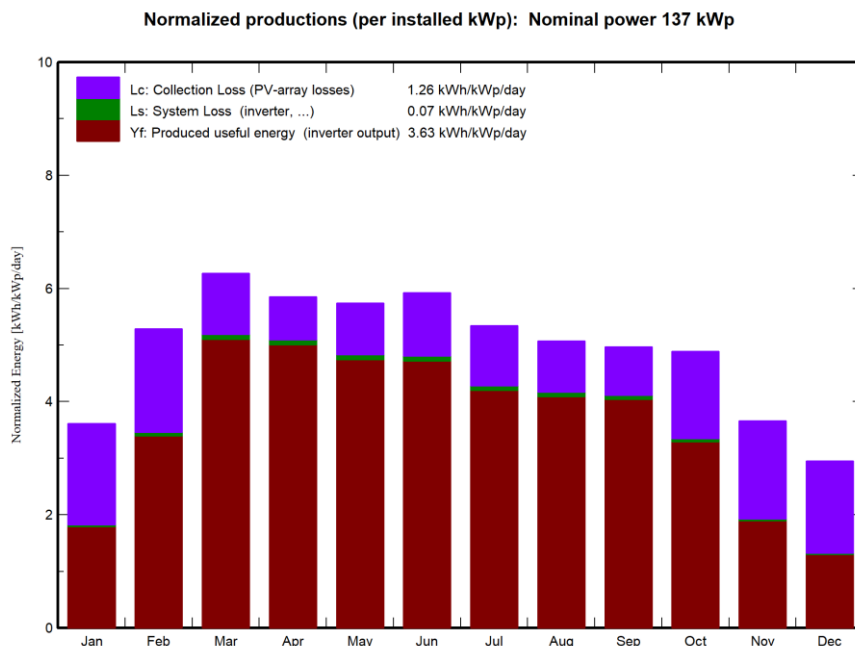


Рис. 9. Распределение производства и потерь мощности по месяцам

В таблице 2 представлены основные результаты моделирования.

Очевидно, что мощность, передаваемая в сеть солнечной электростанцией, соответствует количеству солнечной радиации. С мая по сентябрь наблюдается наибольший приход солнечной радиации на горизонтальную площадку (GlobHor), в январе и декабре – наименьший. Поскольку солнечные панели установлены под углом, значение солнечной радиации на наклонную площадку (GlobInc) максимально с марта по июнь и минимально с ноября по декабрь.

Общий среднегодовой объем выработанной электроэнергии (EArray) составил 184403 кВт·ч, из которых на собственные нужды здания (E_Solar, потребленная нагрузкой электроэнергия) приходится 141378 кВт·ч, оставшаяся электроэнергия, выработанная, но не потребленная нагрузкой (E_Grid) – 39717 кВт·ч – отдана в сеть. Дефицит электроэнергии (EFrGrid) составил 310718 кВт·ч и был восполнен из сети. Общая потребность здания в электроэнергии (E_user) составила за год 452096 кВт·ч.

Таблица 2

Основные результаты моделирования солнечной электростанции

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	38.1	12.50	-25.12	112.0	52.9	7738	32252	7009	588	25242
February	65.2	15.43	-19.20	148.1	92.6	13230	31042	10165	2838	20877
March	120.3	28.78	-7.25	194.3	163.9	22003	38337	13877	7753	24460
April	145.1	52.07	2.24	175.6	162.8	20893	38866	12069	8457	26797
May	181.6	78.34	10.24	177.9	160.8	20453	36773	15496	4589	21277
June	191.0	71.97	18.12	177.7	160.9	19703	41163	17173	2172	23990
July	175.6	77.32	20.12	165.5	148.6	18125	42921	14217	3572	28704
August	145.2	68.61	17.23	157.2	142.6	17664	39648	13770	3568	25877
September	109.4	46.55	9.59	149.0	132.1	16859	37257	13226	3331	24031
October	80.1	25.72	-0.26	151.6	106.2	14192	38033	11893	2048	26140
November	42.2	15.54	-12.56	109.7	56.0	7922	37415	7099	674	30316
December	29.0	11.74	-23.32	91.5	38.6	5620	38390	5383	127	33007
Year	1322.8	504.56	-0.75	1810.1	1418.1	184403	452096	141378	39717	310718

Заключение

Разработанная модель солнечной электростанции на крыше коммерческого здания в городе Чита может быть использована при исследовании, разработке и проектировании реального объекта.

Результат моделирования показал, что максимальный уровень выработки электроэнергии солнечной электростанцией приходится на период с марта по июнь и варьируется от 19 до 22 МВт·ч.

Показано, что установка солнечной электростанции мощностью 137 кВт на крыше здания позволит снизить потребление электроэнергии из сети на 141 МВт·ч в год при собственном потреблении в 452 МВт·ч, что составляет более 31%. При этом количество энергии, которая не используется нагрузкой и составляет 37 МВт·ч в год, отдается в сеть.

Dzhendubaev Z.A.-Z. Simulation of the operation of a solar power plant on the roof of a building in Chita using the PVsyst software package⁴

Summary: *The article presents the results of simulation the operation of a solar power plant connected to the grid, located on the roof of a building in the city of Chita. The simulation was carried out using the PVsyst software package. When simulation a solar power plant, data on the arrival of solar radiation was used, the orientation of the panels, climatic conditions, and building characteristics were taken into account. The main equipment of the solar power plant was selected: photovoltaic panels, an inverter. A 3D model for determining the shading diagram is presented. The validity of using a solar power plant in an office building located in the city of Chita is proved.*

Keywords: solar panel, power plant, solar radiation, PVsyst, photovoltaic system

Список использованных источников и литературы

1. Кобышева Н.В., Акеньбева Е.М., Ильина О.Б. [и др.]. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. 319 с.
2. Носкова Е. В. Многолетние изменения солнечной радиации в Забайкальском крае // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. – Т. 22. – №. 9.
3. PVsyst – photovoltaic software: URL: <https://www.pvsyst.com>
4. MeteonormSoftware. Worldwide irradiation data: URL: <https://meteonorm.com/en>

Джэндубаев Зураб Абрек-Заурович – магистр Московского энергетического института, главный инженер ООО «Читаэлектростроймонтаж», г. Чита. E-mail: dzhendubaevzurab@gmail.com.

⁴Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

УДК 621.182

АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЙ И РАЗЛИЧИЙ В ПРИЗНАНИИ И УЧЕТЕ НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ ПРИ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ

ХАЧКИЗОВА И.Г.

Северо-Кавказская государственная академия

В рамках данного исследования автором рассматриваются нематериальные активы с точки зрения экономической оценки, анализируются, какие экономические явления можно квалифицировать как нематериальные активы, а также выделяются различия в признании и учете нематериальных активов в российских и американских правилах бухгалтерского учёта

Ключевые слова: стоимостная оценка, нематериальные активы, оценка активов, признание нематериальных активов.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в постиндустриальном обществе в условиях переориентации экономики с материальных активов и конечного продукта на науку, которая превращается в производительную силу, основным конкурентным преимуществом становятся информационные и организационные системы, знания – нематериальные, неосязаемые активы.

Несколько лет назад материальные активы были основным фактором стоимости компании, в то время как нематериальные активы были небольшим компонентом корпоративной ценности, в значительной степени считающейся отражением ценности брендов.

На сегодняшний день ситуация изменилась. Нематериальные активы выросли от заполнения 20% корпоративных балансов до 80%, что в значительной степени связано с расширяющимся характером и растущим значением нематериальных активов, представленных интеллектуальным капиталом, исследованиями, разработками и т.д.

Термин «нематериальные активы» (далее по тексту – НМА) трактуется и с юридической, и с бухгалтерской, и с экономической точки зрения, однако, как правило, определение нематериальных является специфичным в зависимости от его назначения. В рамках данного исследования авторами рассматриваются НМА с точки зрения экономической оценки. В связи с этим необходимо рассмотреть, какие экономические явления можно квалифицировать как нематериальные активы.

Для того, чтобы нематериальный актив существовал с оценочной точки зрения, он должен обладать рядом характеристик. Ниже представлены наиболее распространённые характеристики и признаки.

Таблица 2

Признаки нематериальных активов как экономических
явлений по Роберту Рейли и Роберту Швайсу [1]

Признак	Характеристика
1. Идентифицируемый	Активу необходимо иметь краткое и точное определение, которое охарактеризует его в качестве уникального объекта.
2. Имеет юридическое существование (правовую защиту)	На актив должны распространяться юридические имущественные права, к примеру, права владельца заявлять и защищать права собственности в суде.
3. Является объектом права частной собственности	Возможность отчуждения актива новому собственнику, если только данный актив не представляет собой НМА, который не может передаваться другому собственнику независимо от всех других объектов имущества.
4. Имеет вещественное доказательство (проявление его существования)	Нематериальному активу необходимо иметь вещественный элемент, а именно – лицензию, регистрационный документ.
5. Возникает в результате определенного события	Нематериальному активу необходимо иметь собственный день происхождения.
6. Подлежит уничтожению (прекратит существование в идентифицируемый момент времени)	В данном случае не подразумевается, что владелец планирует прекращение существования актива. Однако есть вероятность, что нематериальный актив прекратит свое существование в будущем под влиянием различных событий – истечение срока действия контракта, франшизы и т.д.

Помимо приведенных выше характеристик, нематериальные активы должны обладать экономической стоимостью [2]. В связи с этим НМА должен, во-первых, приносить владельцу определённый, измеримый объем экономических выгод. Чаще всего экономическую выгоду определяют как разницу между экономическим доходом с учетом нематериального актива и экономическим доходом владельца при условиях отсутствия этого нематериального актива. Измеряется с использованием любой меры экономического дохода (чистый операционный доход, валовой денежный поток и т.д.). Во-вторых, нематериальному активу необходимо оказывать положительное влияние на стоимость других активов, под которыми понимаются как материальное движимое, недвижимое имущество, так и другие нематериальные активы.

Перейдём к анализу определений нематериальных активов в академических источниках.

Современный экономический словарь даёт следующее определение НМА – это принадлежащие предприятиям и организациям ценности, не являющиеся физическими, вещественными объектами, но имеющие стоимостную, денежную оценку.

Понятие нематериальных активов в соответствии с МСФО 38 «Нематериальные активы» трактуется как идентифицируемый немонетарный актив, не имеющий физической формы [3].

Согласно американским правилам учета нематериальных активов (SFAS №142 «Гудвилл и прочие нематериальные активы») под НМА понимают активы, не имеющие физической формы и отличающиеся от финансовых инструментов отложенных налогов [4].

Ниже представлены различия в признании и учете нематериальных активов в российских и американских правилах бухгалтерского учёта и международных стандартах МСФО.

Таблица 2

Основные сходства и различия критериев признания
учёта НМА согласно РСБУ, МСФО и US GAAP

Параметр	РСБУ	МСФО	US GAAP
Регулирующий документ	ПБУ 14/2007	IAS 38,2	SFAS №142
Наименование документа	Учет НМА	НМА, объединение компаний	Гудвилл и прочие нематериальные активы
Критерии признания НМА			
Нематериальность актива	Обязательна	Обязательна	Обязательна
Возможность выделения, отделения от другого имущества	Обязательна	Обязательна	Необязательна
Наличие охранных документов	Обязательно	Необязательно	Необязательно
Способность актива приносить доход	Обязательна	Обязательна	Обязательна
Намерение не продавать актив	Обязательно	Необязательно	Необязательно
Контроль компании над активом	Обязателен	Обязателен	Необязателен
Использование актива свыше 12 мес.	Обязательно	Необязательно	Необязательно
Учет НМА			
Первоначальная стоимость	Стоимость приобретения или создания	Стоимость приобретения или создания	Справедливая стоимость
Переоценка	Необязательна	Необязательна	Обязательна

Как следует из таблицы, стандарты по РСБУ схожи со стандартами МСФО, в связи с проведением активной работы по их сближению. Но если рассматривать национальные стандарты бухгалтерского учёта GAAP US, то в учёте нематериальных активов есть существенные различия. Так, п. B37 SFAS № 142 допускает существование нематериальных активов, неотделимых от другого имущества, к примеру, квалификация работников, в ПБУ 14/2007 необходимым условием является отделимость актива от другого имущества.

В налоговом законодательстве также определено, что под нематериальными активами понимаются приобретённые и (или) созданные налогоплательщиком результаты интеллектуальной деятельности и иные объекты интеллектуальной собственности (исключительные права на них), используемые в производстве продукции (выполнении работ, оказании услуг) или для управленческих нужд организации в течение длительного времени (свыше 12 месяцев). В целом трактовки сущности условий признания НМА в бухгалтерском и налоговом учете совпадают, за исключением контроля над использованием актива, который не предусмотрен в налоговом кодексе [5].

С позиции оценочной деятельности в Федеральных стандартах оценки (далее ФСО) №11 под нематериальными активами понимают – активы, которые не имеют материально-вещественной формы, проявляют себя своими экономическими свойствами, дают выгоды их собственнику (правообладателю) и генерируют для него доходы (выгоды) [6].

Наиболее широко понятие нематериальных активов трактуется в Международных стандартах оценки: нематериальные активы проявляют себя через свои экономические свойства, не обладают материальной сущностью и обеспечивают их владельцам некоторые права и привилегии, и, как правило, создают для них некоторую прибыль.

Таким образом, обобщая данные формулировки, под НМА можно понимать – немонетарные активы, не имеющие материально-вещественной формы, которые проявляют себя через свои экономические свойства и обеспечивают владельцу некоторые права и привилегии, а также генерируют для него доходы.

Khachkizova I.G. Analysis of definitions and differences in recognizing and accounting intangible assets for value valuation purposes.

Summary: *In this article, the author consider intangible assets from the point of view of economic assessment, analyze what economic phenomena can be classified as intangible assets, and also highlight the differences in the recognition and accounting of intangible assets in Russian and American accounting rules.*

Keywords: *valuation, intangible assets, asset valuation, recognition of intangible assets.*

Список использованных источников и литературы

1. Christoher P. How intangible assets are affecting company value in the stock market [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.forbes.com/sites/christopherskroupa/2017/11/01/howintangible-assets-are-affecting-company-value-in>
2. Р.Рейли, Р.Швайс. Оценка нематериальных активов / Пер. с англ. Бюро переводов Ройд. – М.: ИД “Квинто-Консалтинг”, 2005. – 792 с.
3. Международный стандарт финансовой отчётности (IFRS) 38 "Нематериальные активы" [введён в действие на территории Российской Федерации Приказом Минфина России от 25.11.2011 N 160н] (ред. от 26.08.2015). [Электронный ресурс] // ООО “НПП “ГАРАНТ-СЕРВИС”: Законодательство. Версия Проф. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124016/ (дата обращения: 05.10.2020).

4. Financial accounting standards board №142. Goodwill and Other Intangible Assets [Электронный ресурс]. –URL: http://www.fasb.org/jsp/FASB/Document_C/DocumentPage?cid=1218220124961&acceptedDisclaimer=true (дата обращения: 28.09.2020)
5. Налоговый кодекс РФ (часть вторая): [фед. закон от 05.08.2000 №117 ФЗ (ред. от 23.04.2018)]. [Электронный ресурс]. // СПС «Консультант Плюс»: Законодательство. Версия Проф.– Режим доступа: http://www.consultant.ru/law/podborki/cto_takoe_nematerialnye_aktivy/ (дата обращения: 01.10.2020)
6. «Оценка нематериальных активов и интеллектуальной собственности» (ФСО 11) [Приказ Минэкономразвития России от 22.06.2015 N 385]. [Электронный ресурс]. // СПС «Консультант Плюс»: Законодательство. Версия Проф. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/43477.html/> (дата обращения: 01.10.2020)

Хачкизова Инара Геннадьевна – студентка 2-го курса магистратуры, факультета «Высшая школа управления» Финансового университета при Правительстве РФ. Тел. +7 (968)-409 69 77. E-mail: inara.khachkizova@mail.ru

CONTENTS

TECHNICS

Bayramukov S.H., Dolaeva Z.N., Agababyan V.S. Research of properties of fibrofoamtuboconcrete and development of technology of production of wall units	3
Botashev A.Y., Borsova D.M. Analysis of the possibility of using heat pumps that use air as a working fluid for space heating in the North Caucasus	9
Kyatov N.H. Methodological aspects of using case-study in studying the discipline of soil mechanics	17
Dzhendubaev Z.A.-Z. Simulation of the operation of a solar power plant on the roof of a building in Chita using the PVsyst software package	25

ECONOMICS

Khachkizova I.G. Analysis of definitions and differences in recognizing and accounting intangible assets for value valuation purposes	37
--	----

Правила оформления статей в журнал «Известия СКГА» и соответствующие шаблоны размещены на сайте академии по адресу:
<http://ncsa.ru/page/content/nauchno-prakticheskii-i-uchebno-metodicheskii-zhurnal-izvestija-sevkavvgta.html>

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ ЖУРНАЛА

ГУМАНИТАРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИСКУССТВО

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МЕДИЦИНА

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОНОМИКА

ЮРИСПРУДЕНЦИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЮБИЛЕИ