выхода воздуха в нижнюю зону сушильной камеры. Нагретый воздух, перемешиваясь с холодным, стремится подняться вверх и распределяется по всей камере (рис. 1).

Таким образом, движение горячего воздуха в камере способствует выравниванию температуры на окрашенной поверхности, что создает условия для равномерного высыхания покрытий на всей поверхности изделия независимо от его размеров и конфигурации.

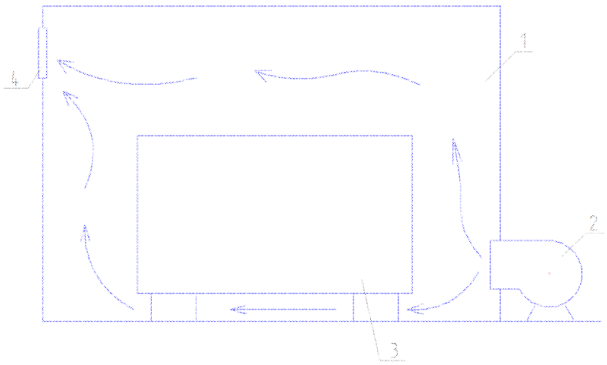


Рис. 1. Схема распределения потоков воздуха в сушильной камере: 1 – сушильная камера; 2 – тепловентилятор; окрашенное изделие; 4 – вытяжное отверстие

Список литературы

1. Судовые краски, краска для судов. URL: spec-emal.ru (дата обращения: 20.12.2016).

2. Технология окраски построенных судов. URL: https://yachtshipyard.wordpress.com/2012/01/02 (дата обращения: 12.09.2017).

3. Просвирина И. С., Богданова А. Ю., Коровин В. С. Контроль параметров сушки окрашенных металлических судовых деталей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. Астрахань, 2017. № 3 (21). С. 44–49.

4. Яковлев П. В., Просвирина И. С. Сравнительное исследование технологических схем воздушного обогрева и удаления воздуха внутришатрового укрытия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. Астрахань : АГТУ, 2017. № 3. С. 34–39.

УДК 621.651

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ С УЧЕТОМ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Н. Ю. Сапрыкина
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Изменение температурного фона, формируемого в условиях многолетней эксплуатации скважин, не компенсируется фоновыми тепловыми

потоками, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях всей системы. Необходимость совершенствования методик долговременного прогноза параметров работы низкопотенциальных геотермальных скважин в нестационарном циклическом режиме систем отопления и кондиционирования обуславливают актуальность исследования в этом направлении.

Для подбора теплонасосной установки и расчета параметров геотермальной скважины (скважин) необходимо рассчитать тепловой баланс объекта, определить температурные режимы, выбрать оборудование. Уравнение теплового баланса выглядит следующим образом:

$$Q_O = Q_{ОГР} + Q_{ИНФ} + Q_{ДОБ} + Q_{ОХ} - \sum Q_{ТВ} \quad (1)$$

где $Q_{ОГР}$ – потери тепла из-за теплопередачи через наружные ограждения, Вт; $Q_{ИНФ}$ – потери инфильтрацией из-за поступления холодного воздуха в помещения через неплотности наружных ограждений, Вт; $Q_{ДОБ}$ – добавочные потери, Вт; $Q_{ОХ}$ – теплота на подогрев холодных предметов, Вт; $\sum Q_{ТВ}$ – внутренние тепловыделения, Вт.

Для определения расчетных нагрузок на здание, можно воспользоваться формулой укрупненных показателей:

$$Q = \alpha \cdot V_{зд} \cdot g \cdot (t_B - t_H) \quad (2)$$

где α – поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления; V – объем здания по наружному обмеру, м^3; q_o – удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м^3 · °С).

В зависимости от выбора технологического режима работы теплового насоса, строиться график коэффициента регенерации, из которого выбирается тепловая нагрузка и ее изменение в течении года [1]. В качестве примера рассмотрим график активных нагрузок для г. Астрахани (рис. 1). Для расчета коэффициента регенерации тепла производится замена нагрузки эквивалентными дискретными циклами включения теплонасосной установки (усреднение).

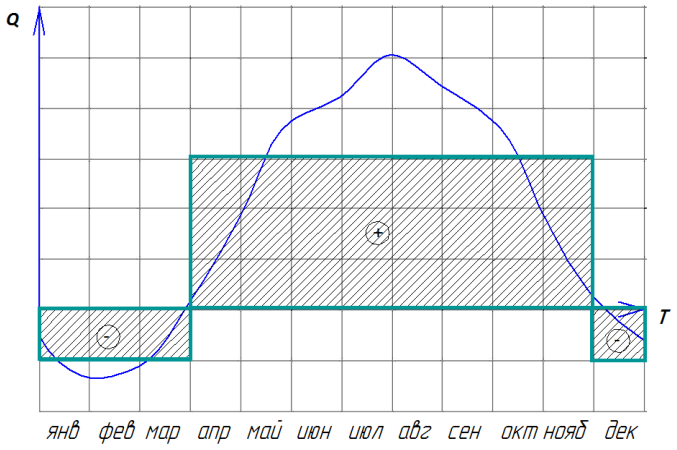


Рис. 1. Усредненная годовая активная нагрузка для г. Астрахани

В соответствии с полученными средними активными нагрузками рассчитывается коэффициент регенерации по формуле

$$k_p = Q_{подв.}/Q_{отв.} \quad (3)$$

где $Q_{подвод}$ – количество подведенного потока в холодный период года, Дж; $Q_{отвод}$ – количество отведенного потока в теплый период года, Дж.

Используя параметры режимов работы оборудования, параметры геотермальной скважины и пласта определяются критерии подобия [2–4].

Используя уравнения [2–4] (в зависимости от режима работы геотермальной скважины) находится температура забоя скважины при ее длительной эксплуатации с выходом на квазистационарный режим работы, являющаяся исходным параметром для определения коэффициента трансформации тепла.

На основании активной нагрузки подбираются объемно-конструктивные решения: диаметр скважины, количество скважин, значения нагрузки. Для более точного прогнозирования изменения температурного поля с течением временим, воспользуемся полученными критериальными уравнениями [2–5]. В качестве примера, рассмотрим расчет критериальных уравнений со следующими исходными данными (табл. 1). Теплофизические свойства грунта приняты для сухого песка.

Таблица 1

Исходные данные

$q_{земли}$, *Вт/м²*	Q, *Вт/м²*	r_c, *м*	λ, *Вт/м·°С*	ρ, *кг/м³*	c, *Дж/(кг·⁰С)*	k_p	τ, *с*	υ, *м/с*
0,05	100	0,1	0,33	1500	800	0,75	94608000	0,000000003

Рассчитываем критериальные уравнение [2–5] для 3-х лет эксплуатации:

– без учета регенерации:

$$\theta = -5 \cdot 10^{-9} \cdot 2000 \cdot 650^2 + 2 \cdot 10^{-8} \cdot 650 \cdot 2000 + 0{,}0003 \cdot 2000 + 5{,}1 = -1{,}81$$

Переводим полученную относительную величину в реальную температуру, согласно уравнению (6). Расчеты ведутся по модулю. Значение $t^{грунт}_{остаточное}$ = 46,1 °С. (значения температур для октября);

– с учетом коэффициента регенерации:

$$\theta = -5 \cdot 10^{-9} \cdot 2000 \cdot 650^2 + 2 \cdot 10^{-8} \cdot 650 \cdot 2000 + 0{,}0003 \cdot 2000 +$$
$$+ 5{,}1 \cdot (0{,}0002 \cdot 0{,}75 + 1{,}98) = 3{,}18$$

Осуществляется перевод в реальную температуру, согласно уравнению (6). Расчеты ведутся по модулю. Значение $t^{грунт}_{остаточное}$ = 15,48 °С. (значения температур для октября);

– с учетом фильтрационных потоков:

$$\theta = (-5 \cdot 10^{-9} \cdot 2000 \cdot 650^2 + 2 \cdot 10^{-8} \cdot 650 \cdot 2000 + 0{,}0003 \cdot 2000 +$$
$$+ 5{,}1 \cdot (0{,}0002 \cdot 0{,}75 + 1{,}98) \cdot (-0{,}165 \cdot 47{,}3 + 1) = -15{,}5$$

Значение $t^{грунт}_{остаточное}$ = 36,12 °С. (значения температур для октября).

На основании, технико-экономического анализа принятых конструкторско-технологических решений, выявлено, что важным аспектом инвестиционных вложений в проектные работы, является стоимость оборудования, его транспортировка, монтаж, а также оценка экономических затрат на инженерно-изыскательские исследования и бурение скважины. Стоит отметить, что количество скважин определяется расчетным путем, а стоимость рассчитывается специализированными организациями.

Выполнив расчеты, указанные выше подбирается оборудование. На сегодняшний день, торговый ряд теплонасосной продукции очень разнообразен, в следствии, чего ценовая политика тоже разная. Определившись с выбором оборудования и количеством скважин, необходимо определить зависимость коэффициента трансформации (или холодильного коэффициента) от температурного напора. Например, для покрытия тепловой нагрузки административного здания в 160 м^2 необходимо оборудование в 14 кВт, количество скважины 3 по 100 м. Стоимость оборудования составляет 632 033 руб., шеф-монтаж 15 000 руб., скважины 300 000 руб. (цены на сентябрь 2015 г.).

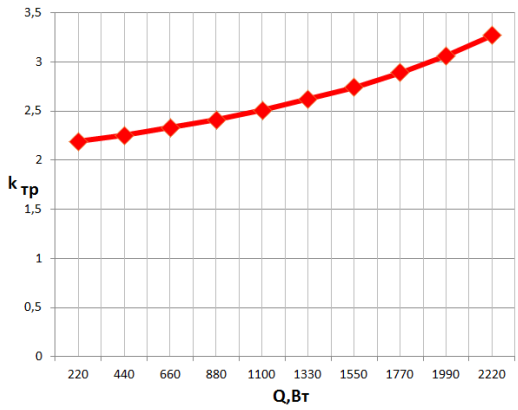
Необходимо провести технико-экономическое обоснование и качественную оценку проектирования. На рис. 2 изображены графики зависимости потребляемой электроэнергии (Q) от коэффициента трансформации ($k_{тр}$) для количества скважин от 1 до 5 (общая площадь одной скважины – 47,1 м^2).

Проектировщик стоит перед выбором приоритета между эксплуатационными затратами и стоимостью. Капитальные затраты растут, а эксплуатационные начинают падать. Необходима оптимизация затрат. Для наглядности на рис. 3 представлен график зависимости эксплуатационных затрат (Z) и стоимости (S), которая зависит от количества скважин.

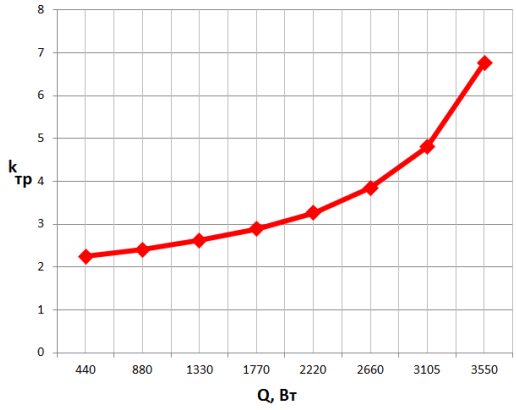
Технико-экономический анализ позволяет эффективно провести расчет необходимого теплонасосного оборудования из условия минимизации суммы капитальных и эксплуатационных затрат с возможной корректировкой принятых конструкторско-технологических решений.

В результате проведенного технико-экономического обоснования, принятых в исследовательской работе решений и полученных критериальных уравнений, предложена методика проектирования - прогнозирование естественного изменения температурного поля грунта в условиях длительной эксплуатации теплонасосного оборудования по трем направлениям: в одном технологическом режиме (без изменения направления теплового потока), в двух технологических режимах (с изменением направления теплового потока – с регенерацией), с влиянием фильтрационного потока. Кроме того, получены решения этих модифицированных уравнений. Методика расчета позволяет на стадии проектирования выявить энергоэффективное исполнение расчета и осуществить прогнозирование длительной

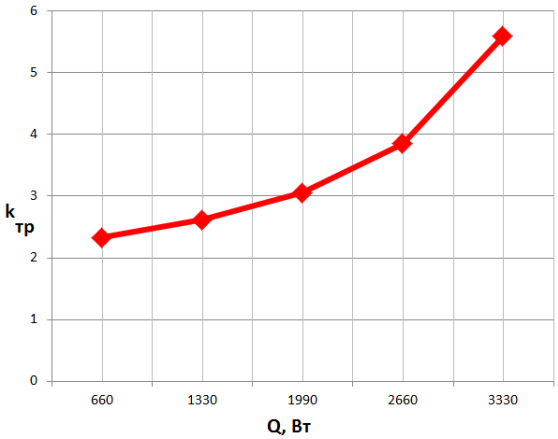
эксплуатации ТНУ с течением времени. Постановку задачи проектирования можно отобразить в виде блок-схемы (рис. 4).



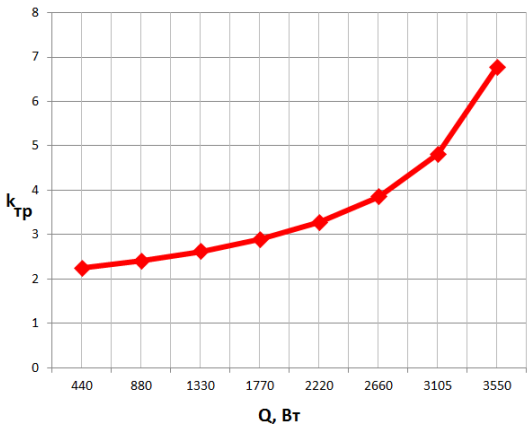
а) для одной



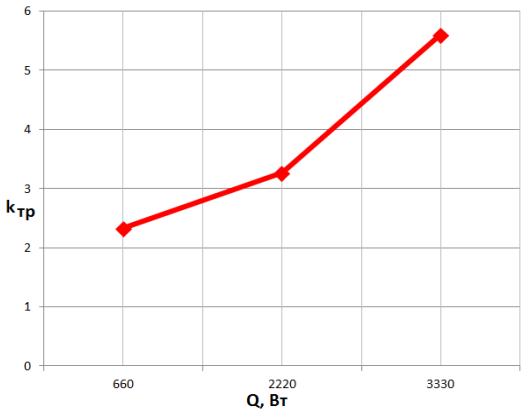
б) для двух



в) для трех



г) для четырех



г) для пяти

Рис. 2. Графики рекомендуемой зависимости количества скважин от потребляемой энергии теплового насоса, обеспечивающих работу ТНУ с коэффициентом трансформации тепла не менее 2

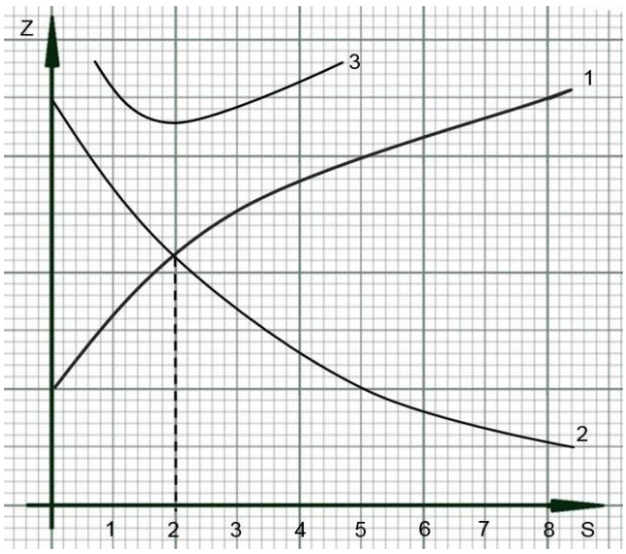


Рис. 3. Кривая зависимости эксплуатационных затрат от стоимости:
1 – капитальные затраты; 2 – эксплуатационные затраты; 3 – минимизация затрат

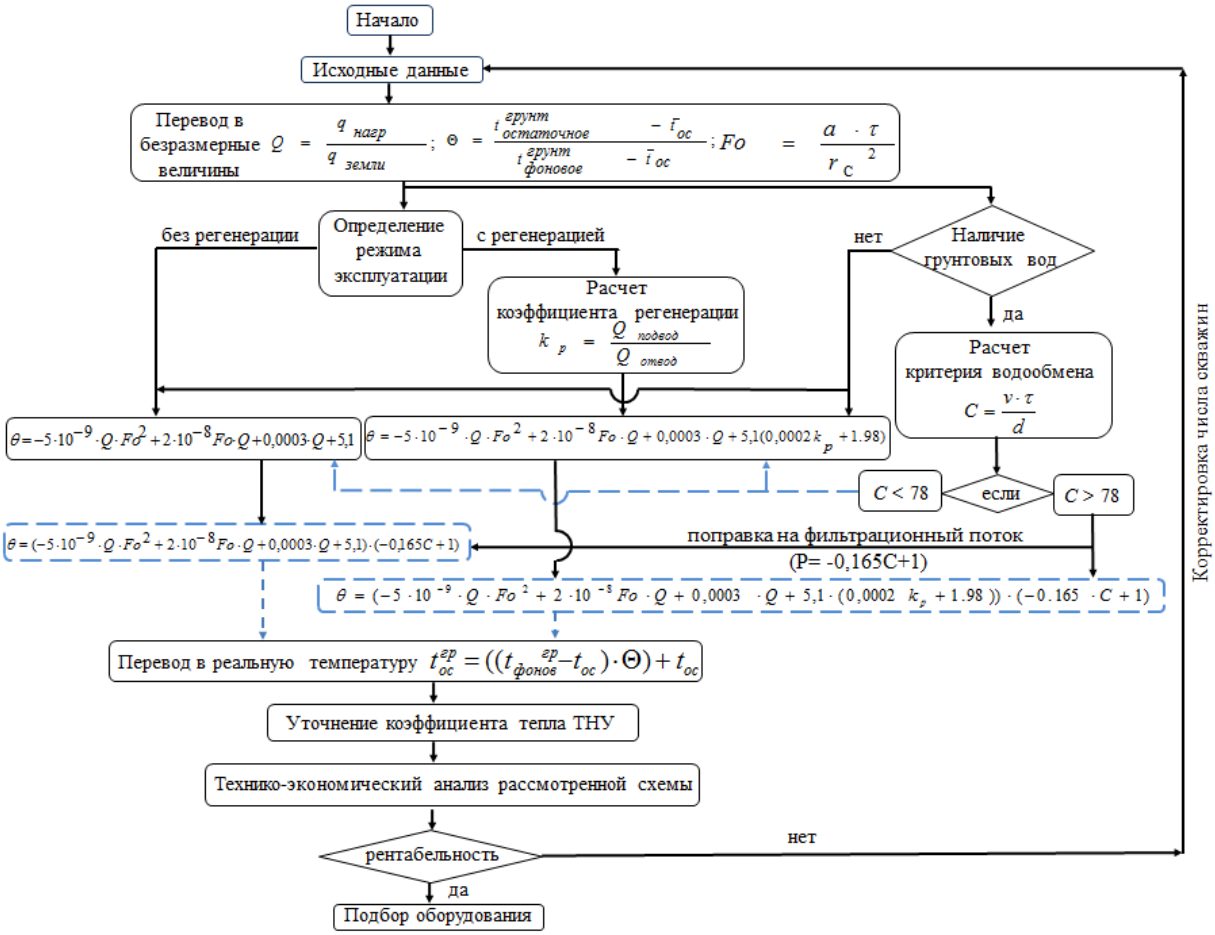


Рис. 4. Блок-схема технико-экономического анализа
оптимизации компоновочных решений системы отопления и кондиционирования
с использованием низкопотенциальной геотермальной энергии

Технико-экономический анализ позволяет эффективно провести расчет необходимого теплонасосного оборудования из условия минимизации суммы капитальных и эксплуатационных затрат с возможной корректи-

ровкой принятых конструкторско-технологических решений. Методика расчета позволяет на стадии проектирования выявить энергоэффективное исполнение расчета и осуществить прогнозирование длительной эксплуатации геотермальной скважины.

Список литературы

1. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Энергосберегающие технологии портовых сооружений на основе применения геотермальных тепловых насосов // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. Астрахань, 2017. № 1. С. 116–124.

2. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосов в условиях влияния грунтовых вод // Вестник ВГТУ. Воронеж, 2017. № 2 (46). С. 27–37.

3. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование естественного изменения температурного поля при многолетней эксплуатации теплового насоса // Вестник ТГТУ. Томск, 2016. № 4 (57). С. 117–125.

4. Сапрыкина Н. Ю. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосах при условии влияния грунтовых вод // Вестник СГАСУ. Самара, 2016. № 3(24). С. 25–30.

5. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Влияние фильтрационного потока грунтовых вод на температурное поле грунта при многолетней эксплуатации низкопотенциальных геотермальных скважин // Перспективы социально-экономического развития стран и регионов : материалы IX Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов (24–25 октября 2017 г., Астрахань). Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017. С. 55–60.

УДК 614.841.41

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ПОНИЖАЮЩИХ ГОРЮЧЕСТЬ ПОЛИМЕРОВ

И. Н. Сапарова, Р. А. Шанкенов, М. К. Кенжебаев, А. Р. Аекешев, А. М. Капизова
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

В современном мире полимеры занимают одно из ведущих мест не только в химической промышленности всего мира, но и в повседневном обиходе человека, общества. Ежегодно пожары с участием полимеров наносят материальный ущерб, как стране, так и всей планете. А токсичные газы, выделяемые при их сгорании, очень пагубно влияют на общее состояние здоровья населения. Поэтому необходимо задуматься над компонентами, понижающими пожарную опасность полимеров. Такими веществами являются антипирены, которые не так давно начали добавлять в состав высокомолекулярных соединений.

На основе вышеизложенных фактов мы провели анализ свойств материалов, понижающих горючесть полимеров, в результате которого выявили их преимущества и недостатки.