

На правах рукописи

КОВАЛЕНКО МАРК ВИТАЛЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ
ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛУВАГОНА**

Направление 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
магистра техники и технологии

Комсомольск-на-Амуре – 2016

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена исследованию проблем выполнения погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте в зимнее время.

Актуальность работы. Ежегодно с наступлением первых сильных морозов начинаются проблемы с разгрузкой смёрзшегося угля, перевозимого в полувагонах. В основном, проблемы при транспортировке и выгрузке угля из железнодорожных вагонов происходят из-за перепадов температур в Сибири и на Дальнем Востоке. Дальнепривозные угли поступают на станции в сильно замороженном состоянии (вследствие превышения допустимых значений влажности угля), что сразу же значительно затрудняет оперативную выгрузку вагонов. Зимой перерабатывающая способность многих портов снижается более чем в 2 раза.

Во время выгрузки зачастую используют рабочих с ломачами, лопатами и прочим ручным инструментом; в целях ускорения процесса специалисты угольных терминалов осуществляют выгрузку вагонов так называемыми нетрадиционными, а точнее – недопустимыми методами: с помощью грейферов, экскаваторов и другой техники. Отсутствие качественных способов разрыхления угля приводит также к массовой повреждаемости полувагонов, по данным департамента вагонного хозяйства ОАО «РЖД», из-за подобных методов выгрузки смёрзшегося угля в портах ежегодно количество поврежденных вагонов исчисляется тысячами (в 2003 году повредили 12,2 тыс., в 2004-м – 12,6 тыс., в 2005-м – 17,2 тыс., в 2006-м – 34,2 тыс., в 2007-м – 43,6 тыс., экономический кризис остановил рост объемов перевозок, однако в 2009 г. повреждение получили 42 тыс. вагонов).

При этом производительность труда невысока и очень велика вероятность производственного травматизма. В ожидании выгрузки простаивают тысячи вагонов, в которых уголь уже смерзся до монолитного

состояния (по данным ЦФТО ОАО «РЖД» на декабрь 2009 в сети простаивало 257 составов, в основном – на ДВЖД (189, причем 97 из них – с углем)).

Но даже при размораживании в специализированных тепляках уголь из вагонов выпадает глыбами диаметром более двух с половиной метров, после чего разгрузочным бригадам приходится разбивать их вручную, все это замедляет процессы выгрузки и очистки вагонов. Зная эти данные, можно прийти к выводу о необходимости разработки нового способа выгрузки смерзшегося угля.

Цель работы: Разработка методов и средств борьбы со смерзанием угля при транспортировке в полувагонах в зимний период.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи:**

- анализ существующих способов выгрузки из вагона смерзшегося угля, определение их положительных и отрицательных сторон;
- разработка системы поддержания температуры в полувагоне при его транспортировке, оценка затрат энергии, необходимой для поддержания температуры, выбор оборудования для данной системы, а также расчет его параметров;
- расчет и проектирование нетрадиционной системы поддержания температуры для полувагонов, перевозящих различные типы грунтов;
- разработка математической модели системы термостабилизации полувагона, создание математической модели, проведение имитационного моделирования, оценка влияния нагрузки, обусловленной использованием электро-генераторной системы, на тяговые показатели.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении было проведено исследование существующих способов выгрузки из вагона смерзшегося угля, определены их положительные и

отрицательные стороны, а также была объяснена необходимость разработки инновационного способа выгрузки.

В первой части работы приведено описание разработки системы поддержания температуры в полувагоне при его транспортировке. Основным ее элементом является нагревательного элемента трансформаторного типа, полный расчет которого и его результаты приведены в приложениях. Также проведена оценка минимальной мощности автономного энергоснабжающего устройства (в качестве которого выбран подвагонный генератор) необходимой для функционирования данной системы. Для различных температур окружающего воздуха и скоростей движения рассмотрены случаи использования стандартных полувагонов (результат приведен в таблице 1), а также в случае применения жидкого керамического теплоизоляционного покрытия TSM Ceramic для уменьшения теплоотдачи (таблица 2).

Таблица 1 – Мощности, необходимые для компенсации охлаждения

В ваттах

Скорость движения состава, км/ч Температура наружного воздуха, °С	0 (состав находится на остановке)	40	50	60	70	80
-5	$1.48 \cdot 10^4$	$6.1 \cdot 10^4$	$7.79 \cdot 10^4$	$9.54 \cdot 10^4$	$1.13 \cdot 10^5$	$1.32 \cdot 10^5$
-10	$2.21 \cdot 10^4$	$8.24 \cdot 10^4$	$1.05 \cdot 10^5$	$1.27 \cdot 10^5$	$1.51 \cdot 10^5$	$1.75 \cdot 10^5$
-15	$2.95 \cdot 10^4$	$1.04 \cdot 10^5$	$1.31 \cdot 10^5$	$1.59 \cdot 10^5$	$1.88 \cdot 10^5$	$2.17 \cdot 10^5$
-20	$3.69 \cdot 10^4$	$1.25 \cdot 10^5$	$1.58 \cdot 10^5$	$1.91 \cdot 10^5$	$2.25 \cdot 10^5$	$2.6 \cdot 10^5$
-25	$4.43 \cdot 10^4$	$1.47 \cdot 10^5$	$1.84 \cdot 10^5$	$2.23 \cdot 10^5$	$2.63 \cdot 10^5$	$3.03 \cdot 10^5$
-30	$5.16 \cdot 10^4$	$1.68 \cdot 10^5$	$2.11 \cdot 10^5$	$2.55 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$3.46 \cdot 10^5$
-35	$5.9 \cdot 10^4$	$1.89 \cdot 10^5$	$2.38 \cdot 10^5$	$2.87 \cdot 10^5$	$3.37 \cdot 10^5$	$3.88 \cdot 10^5$
-40	$6.64 \cdot 10^4$	$2.11 \cdot 10^5$	$2.64 \cdot 10^5$	$3.19 \cdot 10^5$	$3.75 \cdot 10^5$	$4.13 \cdot 10^5$

Таблица 2 – Мощности, необходимые для компенсации охлаждения при использовании изолирующего слоя TSM Ceramic

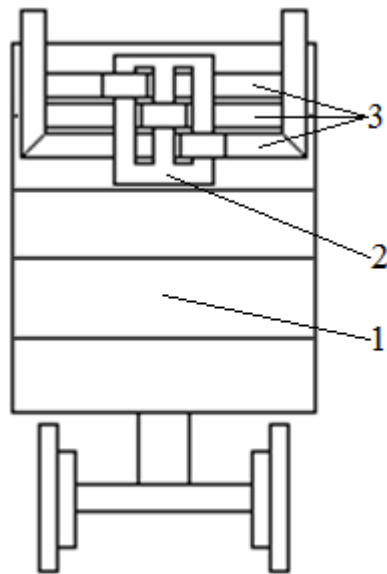
В ваттах

Скорость движения состава, км/ч Температура наружного воздуха, °С	0 (состав находится на остановке)	40	50	60	70	80
-5	673	$1.51 \cdot 10^3$	$1.65 \cdot 10^3$	$1.77 \cdot 10^3$	$1.89 \cdot 10^3$	$1.99 \cdot 10^3$
-10	$1.01 \cdot 10^3$	$2.04 \cdot 10^3$	$2.21 \cdot 10^3$	$2.37 \cdot 10^3$	$2.51 \cdot 10^3$	$2.64 \cdot 10^3$
-15	$1.35 \cdot 10^3$	$2.56 \cdot 10^3$	$2.78 \cdot 10^3$	$2.96 \cdot 10^3$	$3.13 \cdot 10^3$	$3.28 \cdot 10^3$
-20	$1.68 \cdot 10^3$	$3.09 \cdot 10^3$	$3.34 \cdot 10^3$	$3.56 \cdot 10^3$	$3.75 \cdot 10^3$	$3.93 \cdot 10^3$
-25	$2.02 \cdot 10^3$	$3.62 \cdot 10^3$	$3.9 \cdot 10^3$	$4.15 \cdot 10^3$	$4.37 \cdot 10^3$	$4.57 \cdot 10^3$
-30	$2.36 \cdot 10^3$	$4.15 \cdot 10^3$	$4.47 \cdot 10^3$	$4.74 \cdot 10^3$	$4.99 \cdot 10^3$	$5.22 \cdot 10^3$
-35	$2.69 \cdot 10^3$	$4.68 \cdot 10^3$	$5.03 \cdot 10^3$	$5.34 \cdot 10^3$	$5.62 \cdot 10^3$	$5.87 \cdot 10^3$
-40	$3.03 \cdot 10^3$	$5.2 \cdot 10^3$	$5.59 \cdot 10^3$	$5.93 \cdot 10^3$	$6.24 \cdot 10^3$	$6.51 \cdot 10^3$

Во второй части работы был произведен расчет и проектирование предлагаемой нетрадиционной системы поддержания температуры для полувагонов, перевозящих различные типы грунтов.

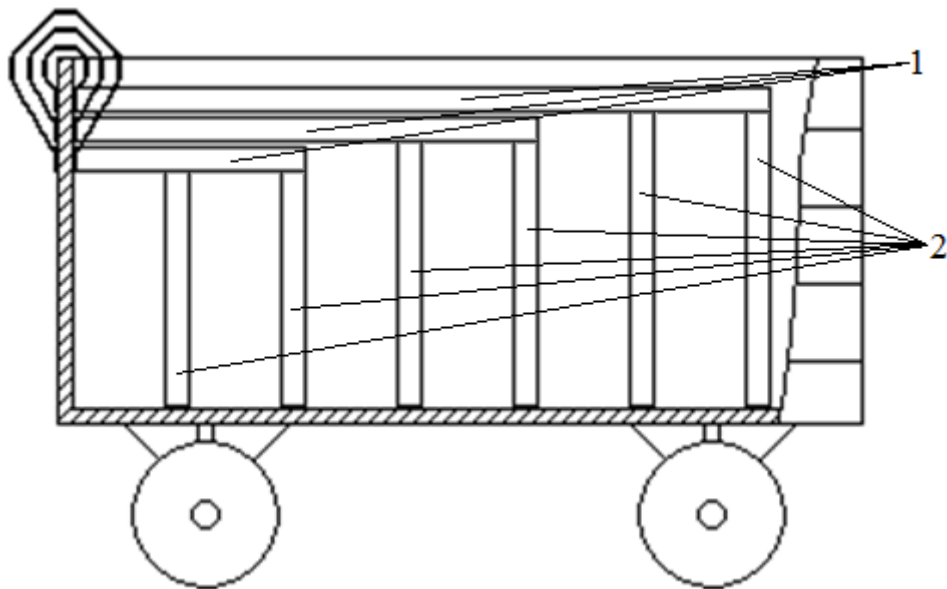
В процессе работы был выполнен расчет трансформатора, результаты которого приведены приложениях. Работы по расчету и проектированию нагревательного элемента трансформаторного типа проводились в соответствии с методиками, изложенными в учебном пособии «Расчет трансформаторов». Расчет производился для трехфазного трансформатора стержневого типа с concentрическими обмотками.

Также был выполнен расчет и проектирование нагревающей части НЭТ, в качестве материала для нее был выбран алюминий. Приведены схематичные изображения размещения НЭТ в полувагоне (расположение трансформатора и нагревательных элементов) на рисунках 1-3:



1 – полувагон; 2 – трансформатор; 3 – нагревательные элементы от различных фаз трансформатора

Рисунок 1 – Схема расположения НЭТ в полувагоне (вид спереди)



1 – шины; 2 – нагревательные полосы

Рисунок 2 – Схема расположения НЭТ в полувагоне (вид сбоку, в разрезе)

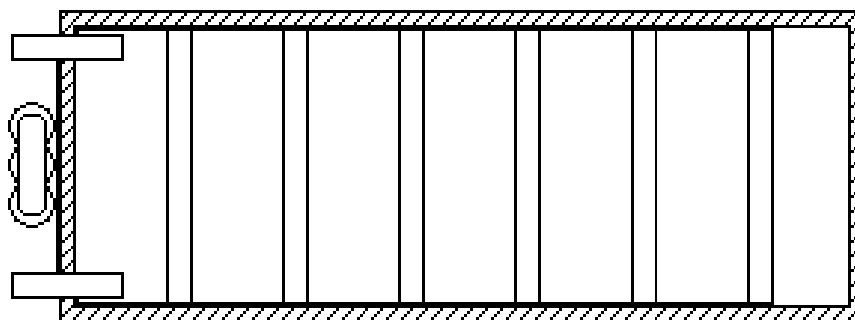


Рисунок 3 – Схема расположения НЭТ в полувагоне (вид сверху)

В итоге были рассчитаны все необходимые параметры нагревающей системы НЭТ. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры нагревающей системы НЭТ

Номер нагревательной полосы	1	2	3	4	5	6
Площадь поперечного сечения нагревательной полосы, мм	109.775	116.75	130.491	140.5	160.827	176.4
Ширина нагревательной полосы (при толщине 5 мм), мм	21.955	23.35	26.1	28.1	32.1654	35.28
Напряжение на нагревательной части, В	1.772	1.772	1.486	1.486	1.2	1.2
Ток в нагревательной полосе, А	1025.6	1057.7	1022.4	1060.9	1017.6	1065.7
Мощность нагрева полосы, Вт	1817.2	1817.2	1519.2	1519.2	1221.1	1221.1

Как следует из таблицы 3, мощность нагрева падает с увеличением расстояния от трансформатора до пары нагревательных полос. Это связано с потерями в шинах, ведущих от трансформатора к полосам. Получив подробные данные о мощности нагревательной системы, можно приступить к исследованию влияния данной системы на поддержание температуры в полувагоне.

В третьей части работы была разработана математическая модель системы термостабилизации полувагона в программном модуле Transient Thermal среды ANSYS Workbench 16.1. Была спроектирована геометрическая модель «полувагон – сходящийся уголь – нагревательные шины», приведенная на рисунке 4.

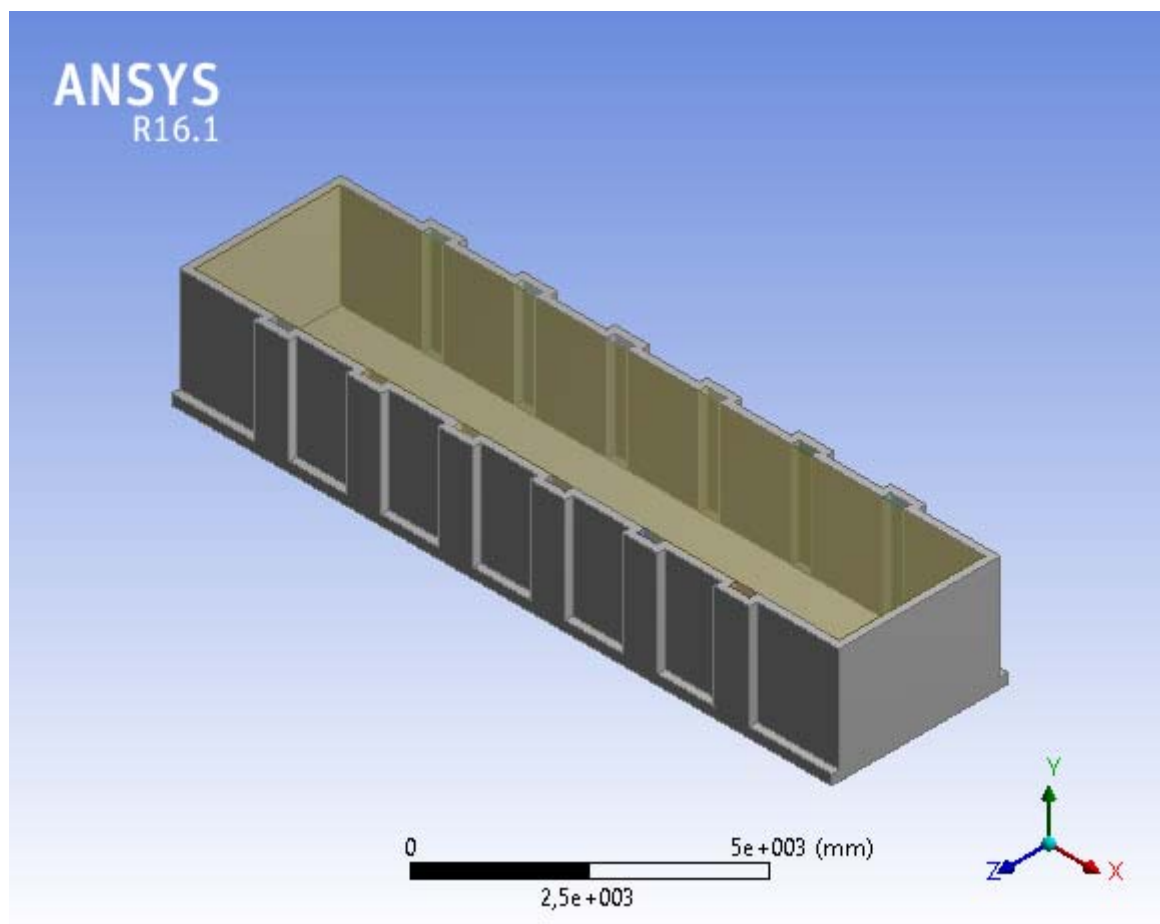


Рисунок 4 – Геометрическая модель «полувагон – уголь – нагревательные шины» в модуле Design Modeler среды ANSYS

Затем были заданы свойства материалов элементов геометрической модели. Далее были заданы температурные нагрузки и время нагрева для расчета и моделирования системы в модуле Mechanical среды ANSYS. Результаты моделирования приведены на рисунках 5 и 6.

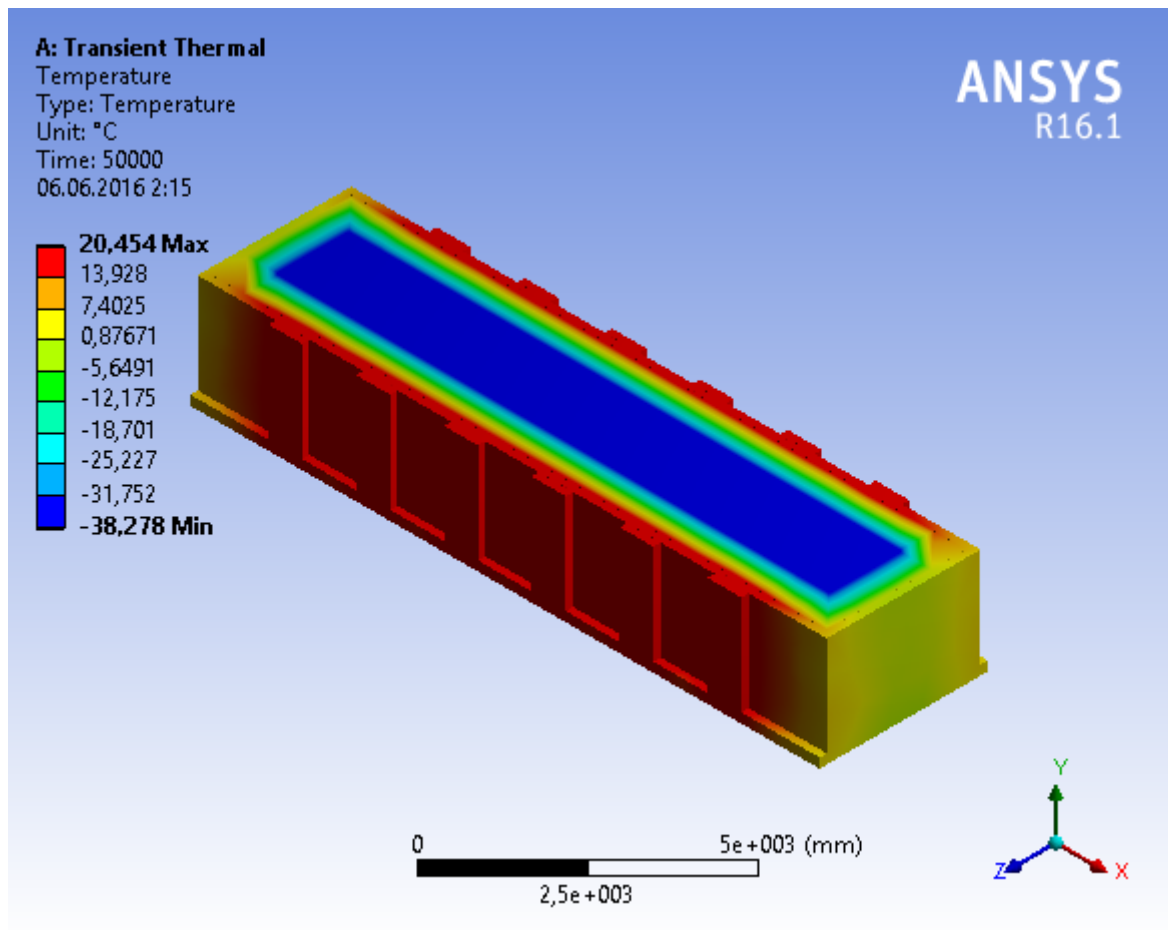


Рисунок 5 – Результаты моделирования объекта «полувагон – нагревательные шины – уголь» в модуле Transient Thermal среды ANSYS Workbench 16.1 (3D модель)

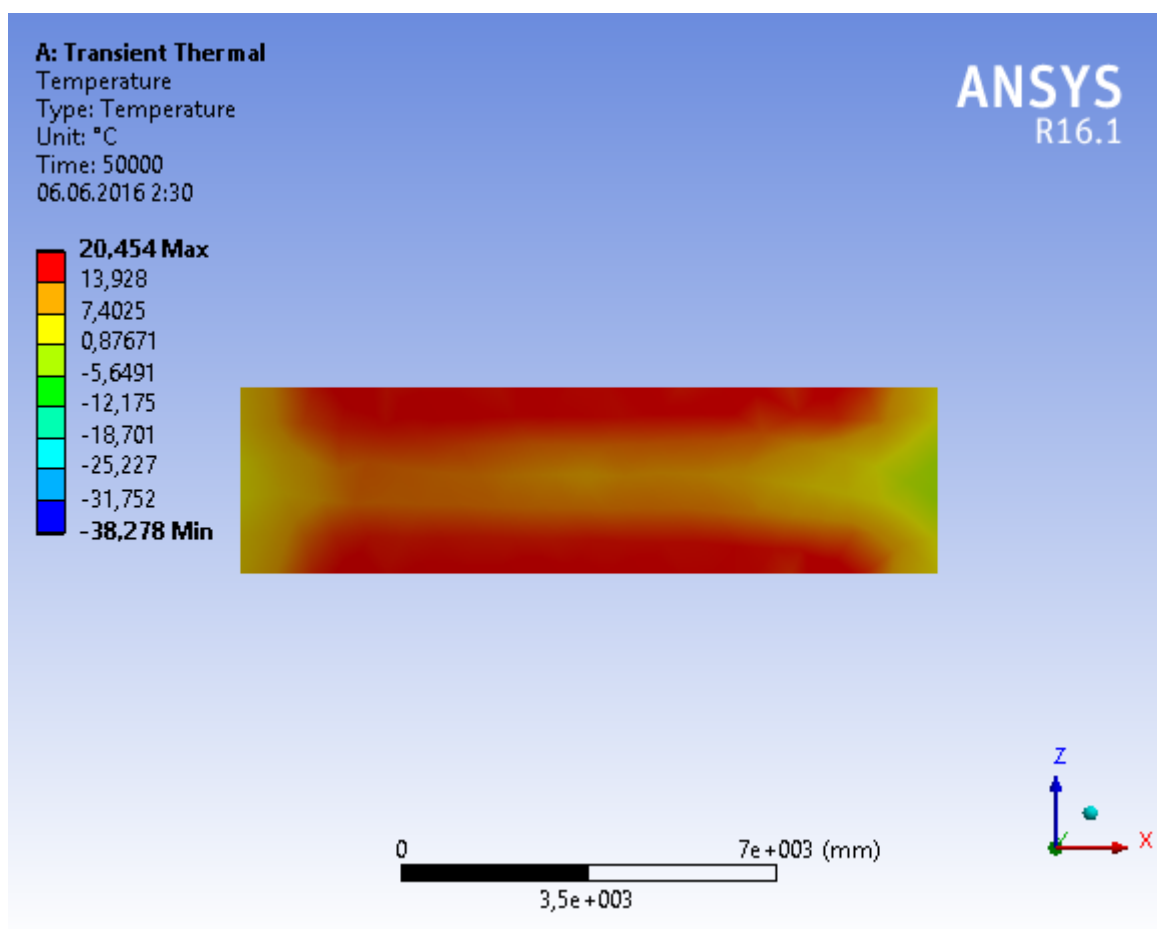


Рисунок 6 – Результаты моделирования объекта «полувагон – нагревательные шины – уголь» в модуле Transient Thermal среды ANSYS Workbench 16.1 (вид снизу)

По результатам моделирования можно сделать вывод, что при заданных параметрах окружающей среды и температуре нагревательных элементов полувагон с углем прогревается приблизительно в течении 14 часов с момента подачи напряжения на вход первичной обмотки НЭТ.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что предлагаемый способ является эффективным и позволяет решить проблему смерзания угля вблизи стенок и днища полувагона.

В ходе написания диссертационной работы была проведена оценка влияния нагрузки, обусловленной использованием электро-генераторной системы, на тяговые показатели, а также проведена разработка функциональной схемы и выбор управляющих элементов системы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ существующих способов выгрузки из вагона смерзшегося угля, определены их положительные и отрицательные стороны, доказана необходимость разработки инновационного способа выгрузки.

2. Разработана система поддержания температуры в полувагоне при его транспортировке, произведена оценка затрат энергии, необходимой для поддержания температуры, произведен выбор оборудования для данной системы, а также рассчитаны необходимые параметры.

3. Рассчитана и спроектирована нетрадиционная система поддержания температуры для полувагонов, перевозящих различные типы грунтов;

4. Разработана математическая модель системы термостабилизации полувагона, проведено имитационное моделирование, была произведена оценка влияния нагрузки, обусловленной использованием электрогенераторной системы, на тяговые показатели.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Коваленко М. В. Разработка нового способа борьбы со смерзанием угля в полувагонах в зимний период времени / М. В. Коваленко, В. А. Соловьев // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы докладов 46-й науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУВО «КНАГТУ», 2016. – С. 259-260

2. Доклад на краевом конкурсе «Студенческая весна 2016», по результатам которого было занято первое место, а материалы доклада направлены на публикацию в спецвыпуске журнала «Молодой ученый».