

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Сухоневич Дмитрий Андреевич

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ДЕЙСТВИЯ К КОВШОВЫМ  
РАБОЧИМ ОРГАНАМ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

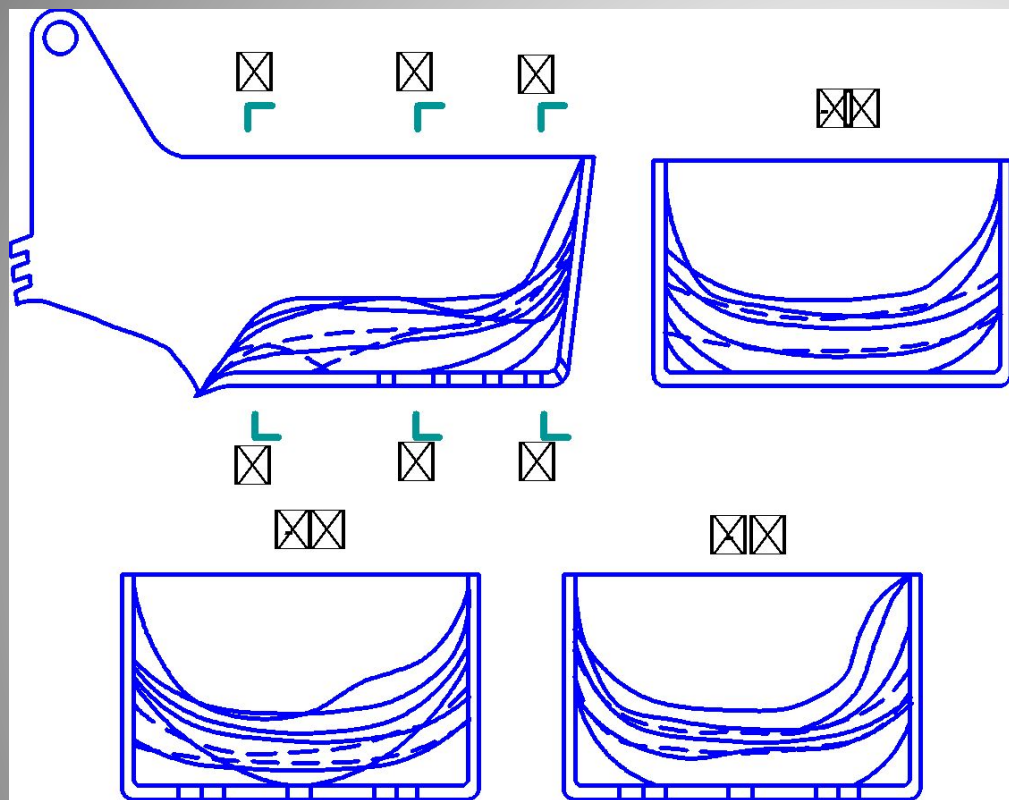
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Магистерская программа «Строительные и дорожные машины»

Научный руководитель  
к.т.н., доцент

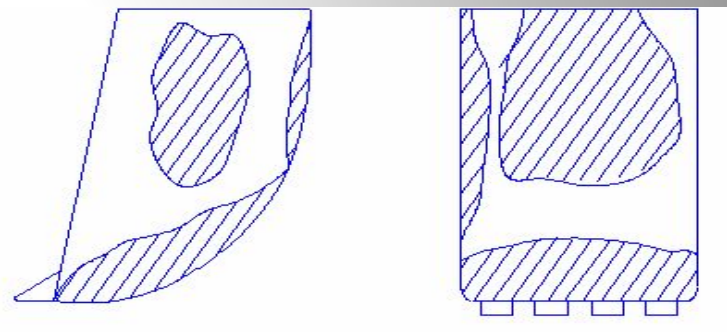
Зеньков Сергей Алексеевич

2021

# Зоны налипания и намерзания грунта



Профили налипания (сплошная линия) и намерзания (пунктирная линия) грунтов в ковшах драглайнов



Характерные зоны налипания грунта в ковшах экскаваторов обратных лопат



# Цель работы:

Повышение производительности и эффективности работы землеройных машин с ковшовыми рабочими органами при разработке влажных связных грунтов в условиях отрицательных температур путем снижения намерзания и налипания грунта на поверхность рабочего органа.

# Задачи исследования:

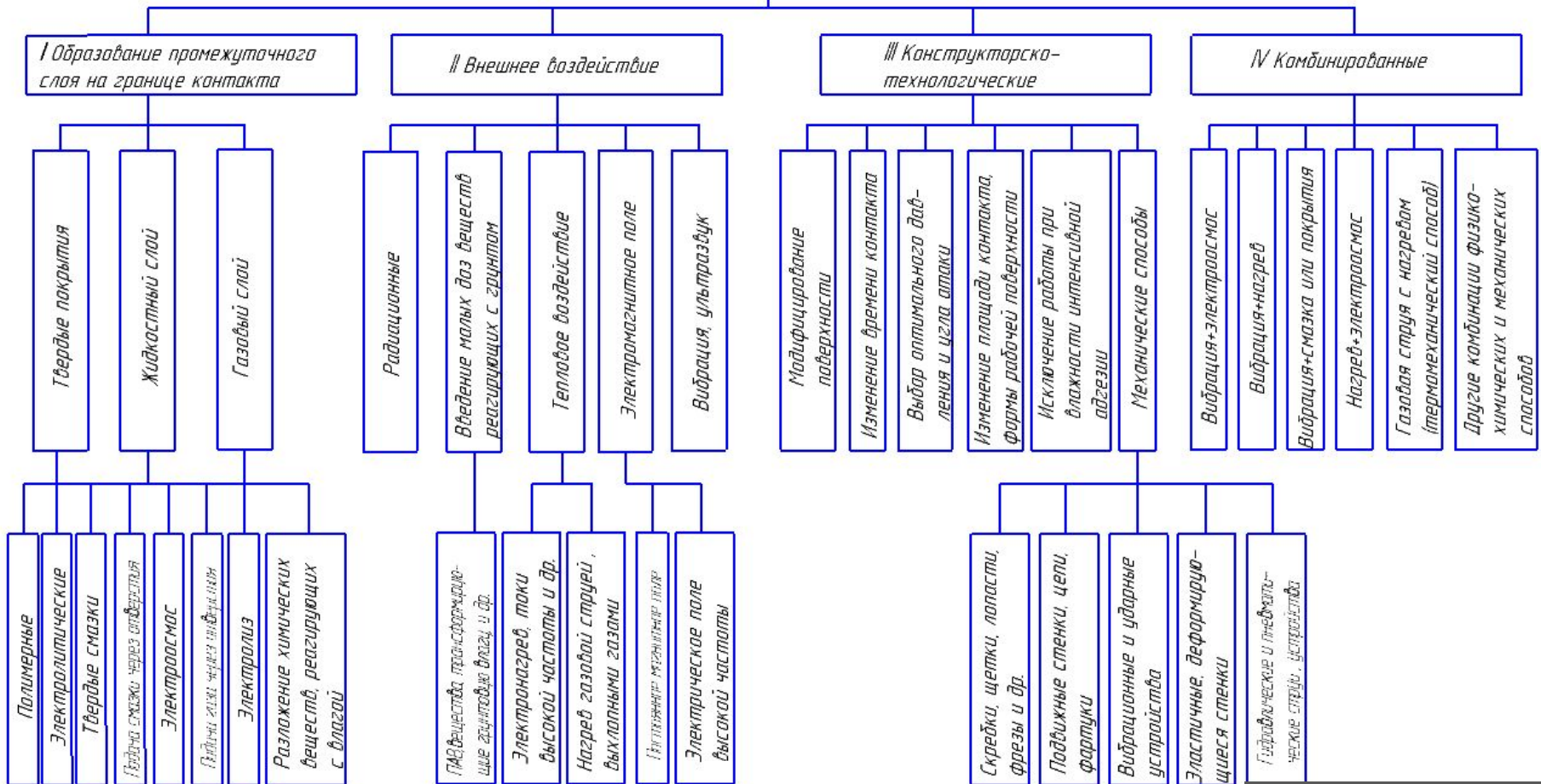
- Установить характер изменения силы трения грунта о металлическую поверхность с учетом адгезии при смерзании, а также в условиях теплового воздействия;
- Экспериментально оценить влияние внешних факторов, определяющих адгезию грунтов при отрицательной температуре, на прочность смерзания грунта с металлической поверхностью рабочего органа;
- Провести экспериментальные исследования для установления закономерностей, определяющих влияние давления прижатия, температуры окружающей среды, времени контакта на прочность смерзания грунта (по напряжению сдвига) с металлической поверхностью рабочего органа при тепловом воздействии;
- Установить зависимости, определяющие влияние параметров (температуры нагрева зоны контакта, продолжительности теплового воздействия) на прочность смерзания грунта (по напряжению сдвига) с металлической поверхностью рабочего органа;
- Разработать рекомендации по выбору рациональных параметров и режимов работы оборудования теплового воздействия, обеспечивающего снижение адгезии грунтов, к ковшам землеройных машин при отрицательной температуре.

## **Факторы, влияющие на адгезию грунта:**

- **Дисперсность грунта;**
- **Влажность грунта;**
- **Давление прижатия;**
- **Температура окружающей среды;**
- **Время контакта.**

# Классификация методов борьбы с адгезией:

Методы снижения адгезии и трения при разработке и транспортировке влажных грунтов



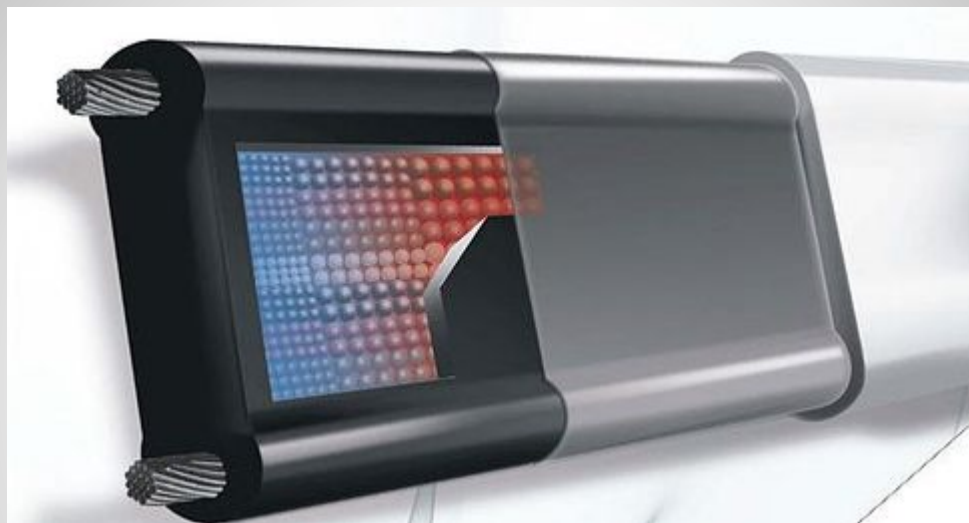
# Греющие кабели марки ТМ:



	Кабель ТМ-40	Кабель ТМ-60
Напряжение питания	220 В	220 В
Температура нагрева	90 °С	115 °С
Мощность кабеля	40 кВт/ч	60 кВт/ч

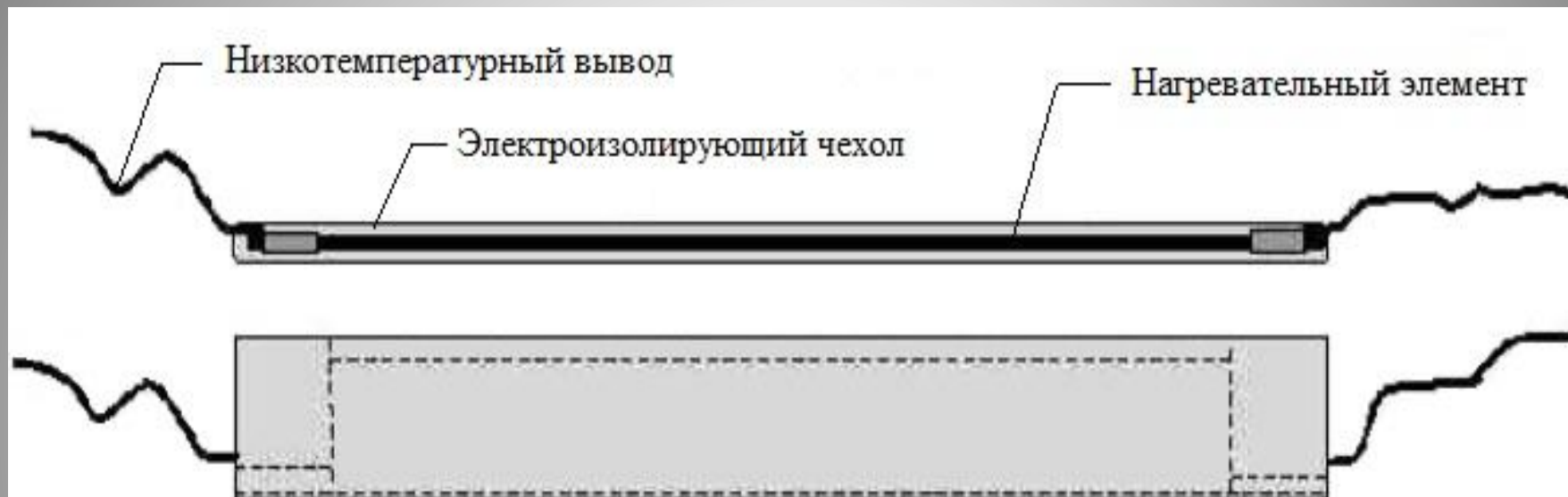


# Саморегулирующийся кабель SRL-30-2:



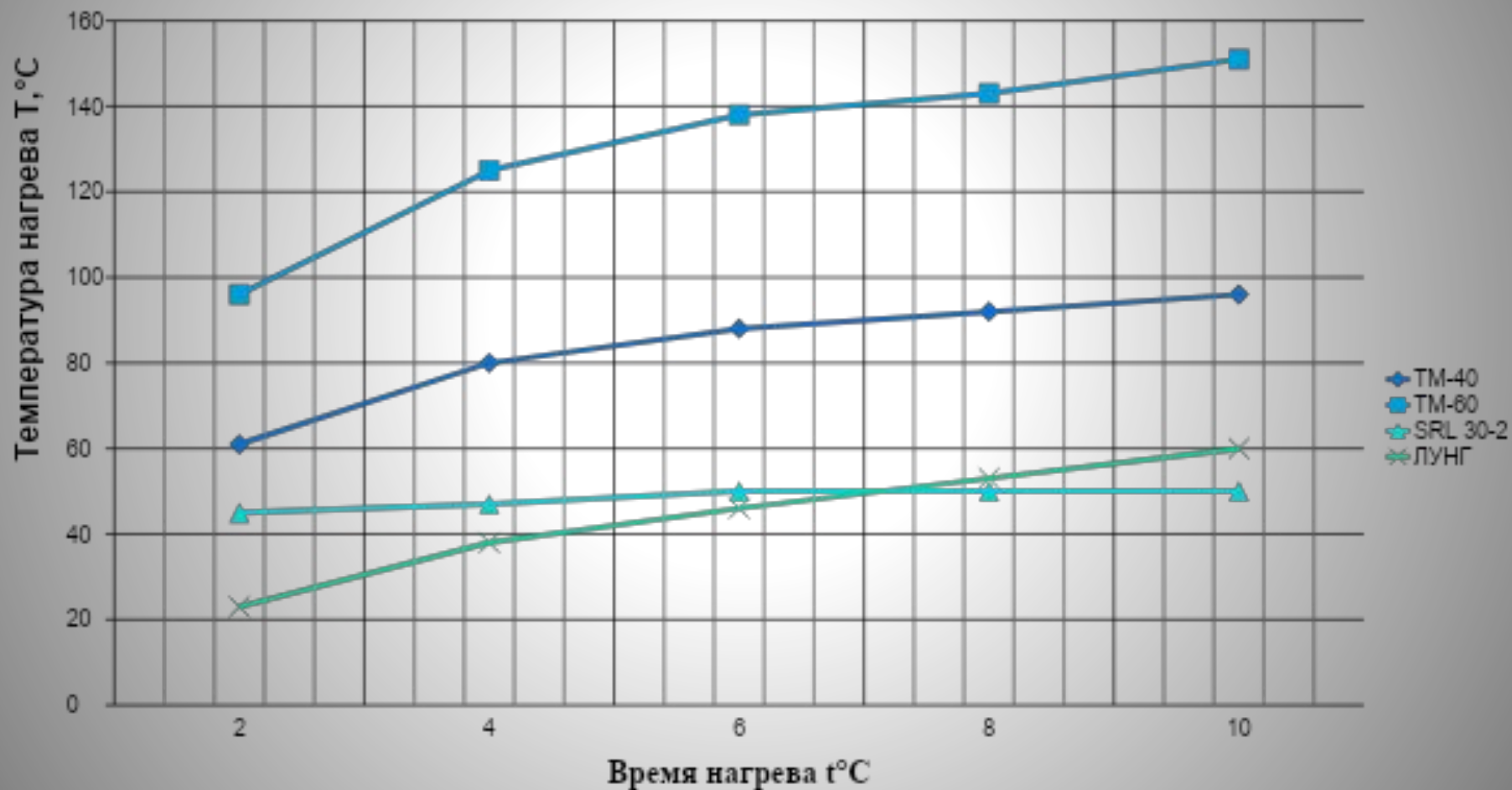
Питание	220/230 В, 50/60 Гц
Выходная мощность	30 Вт/м
Максимальная рабочая температура	+65 °С

# Лента углеродная нагревательная гибкая (ЛУНГ)

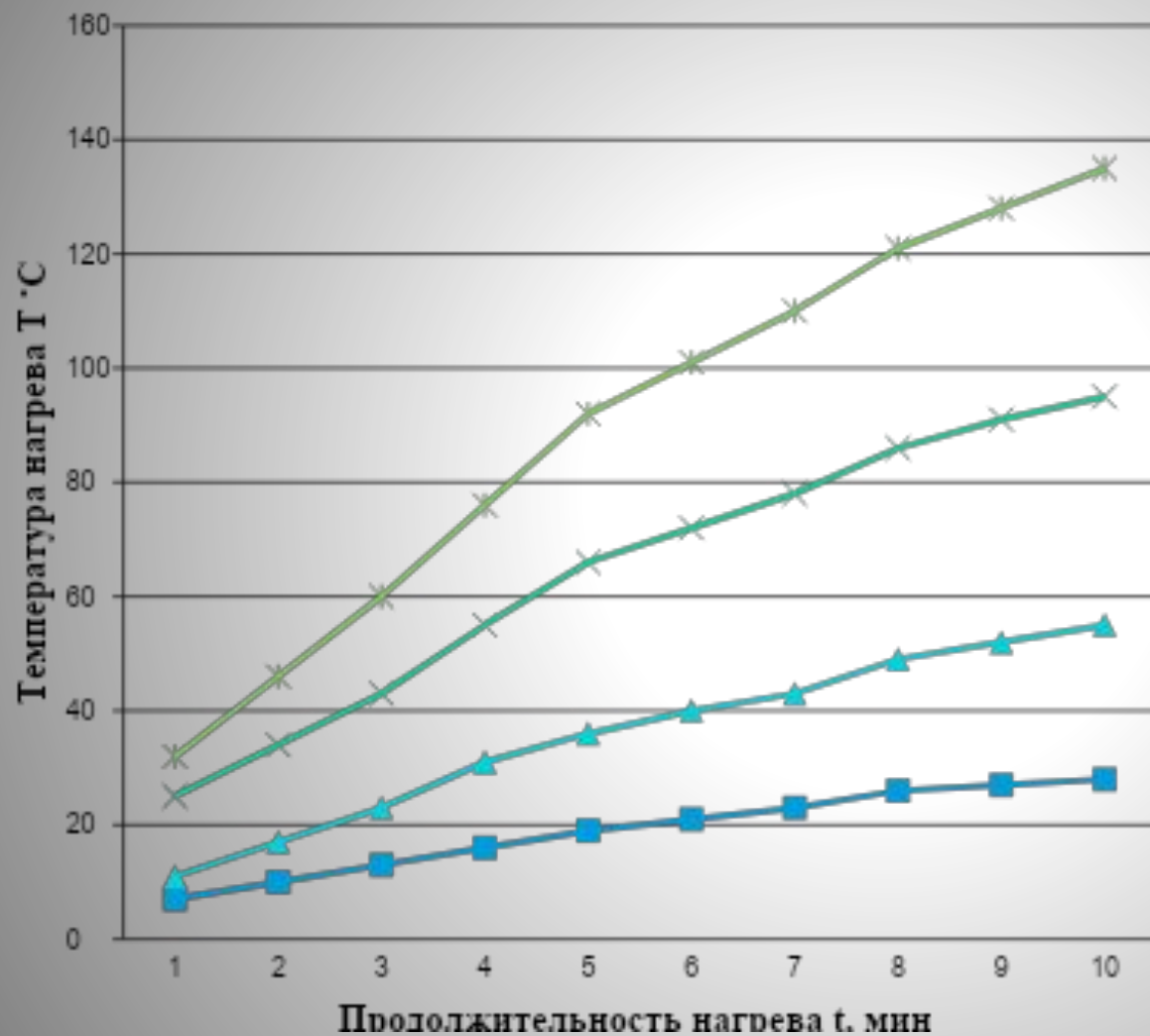


<b>Удельная мощность, Вт/м</b>	<b>150</b>
<b>Номинальное напряжение питания, В</b>	<b>220</b>
<b>Температура поверхности, °С</b>	<b>250</b>

# Температура нагрева кабелей от времени работы при температуре окружающей среды +20°C



## Температурно-временная характеристика ТМ-60 и ЛУНГ при $T = -15^{\circ}\text{C}$



- ТМ-60 Температура пластины, °С. Без теплоизоляции
- ▲ ЛУНГ Температура пластины, °С. Без теплоизоляции
- \* ТМ-60 Температура пластины, °С. С теплоизоляцией
- \* ЛУНГ Температура пластины, °С. С теплоизоляцией

# Экспериментальный стенд



Экспериментальный  
сдвиговой стенд



Поверхность имитатора  
после сдвига

## Уровни факторов и интервалы их варьирования

Уровень варьирования	Кодированное значение	Нормальное давление на грунт, кПа	Продолжительность нагрева, мин
Нижний ( $X_{imin}$ )	-1	10	3
Средний ( $X_{i0}$ )	0	20	5
Верхний ( $X_{iman}$ )	1	30	7
Интервал варьирования	-	10	2

## План эксперимента в кодированном и натуральном выражении:

№ Опыта	Кодированное значение		Натуральное значение	
	$x_1$	$x_2$	$X_2$ , кПа	$X_6$ , мин
1.	+1	+1	30	7
2.	-1	+1	10	7
3.	+1	-1	30	3
4.	-1	-1	10	3
5.	0	0	20	5
6.	+1	0	30	5
7.	-1	0	10	5
8.	0	+1	20	7
9.	0	-1	20	3

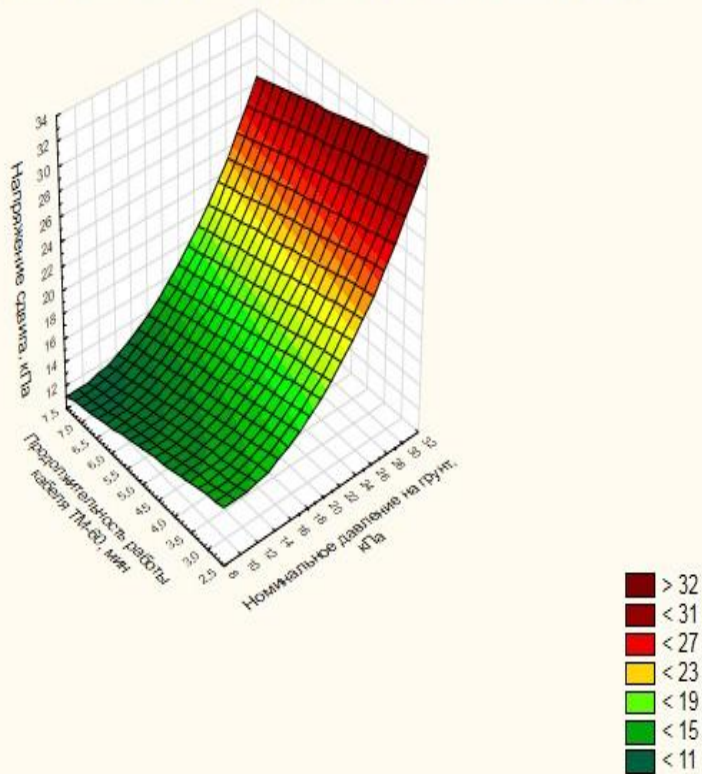
# Результаты эксперимента

Тип греющего кабеля	$X_2$ - нормальное давление на грунт Р, кПа	$X_4$ - температура внешней среды, Т, °С	$X_6$ - продолжительность работы КАБЕЛЯ $t$ , мин	Усилие с воздействием $U_{ТЕП}$ , кг
ТМ-60	10	-15	3	14,4
	10	-15	5	13,2
	10	-15	7	11,3
	20	-15	3	18,5
	20	-15	5	17,1
	20	-15	7	15,3
	30	-15	3	29,4
	30	-15	5	27,3
	30	-15	7	26,1
ЛУНГ	10	-15	3	11,1
	10	-15	5	10,3
	10	-15	7	8,3
	20	-15	3	20,8
	20	-15	5	14,1
	20	-15	7	13,4
	30	-15	3	29,2
	30	-15	5	19,2
	30	-15	7	16,7

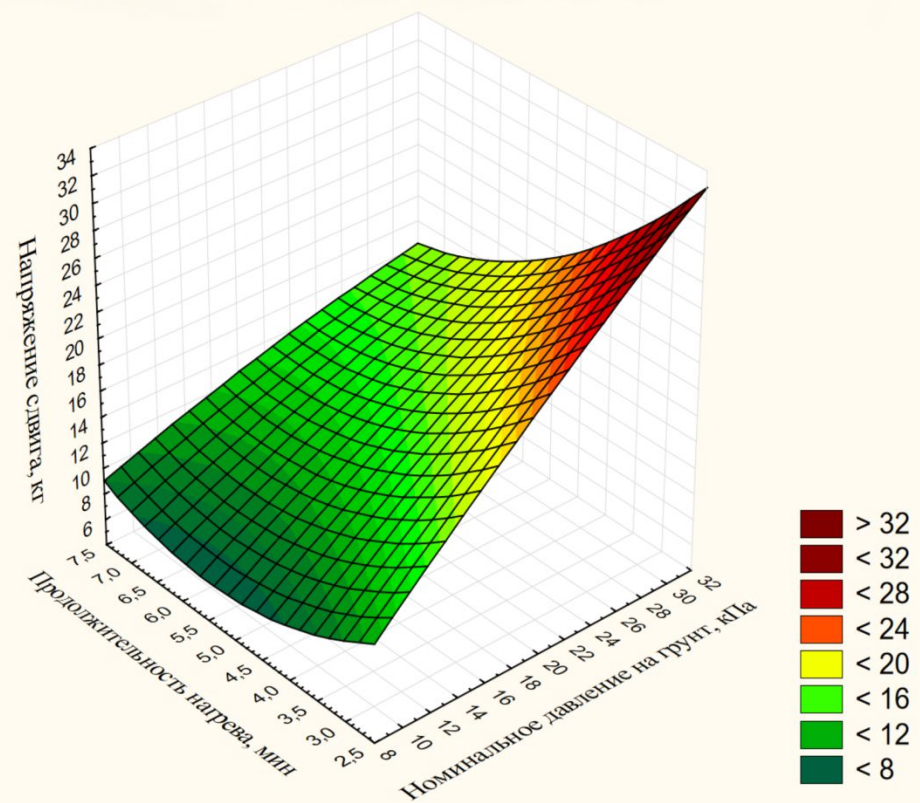


# Поверхность отклика при взаимодействии продолжительности работы кабеля и номинального давления на грунт

Поверхность отклика при взаимодействии варьируемых факторов при использовании ТМ-60

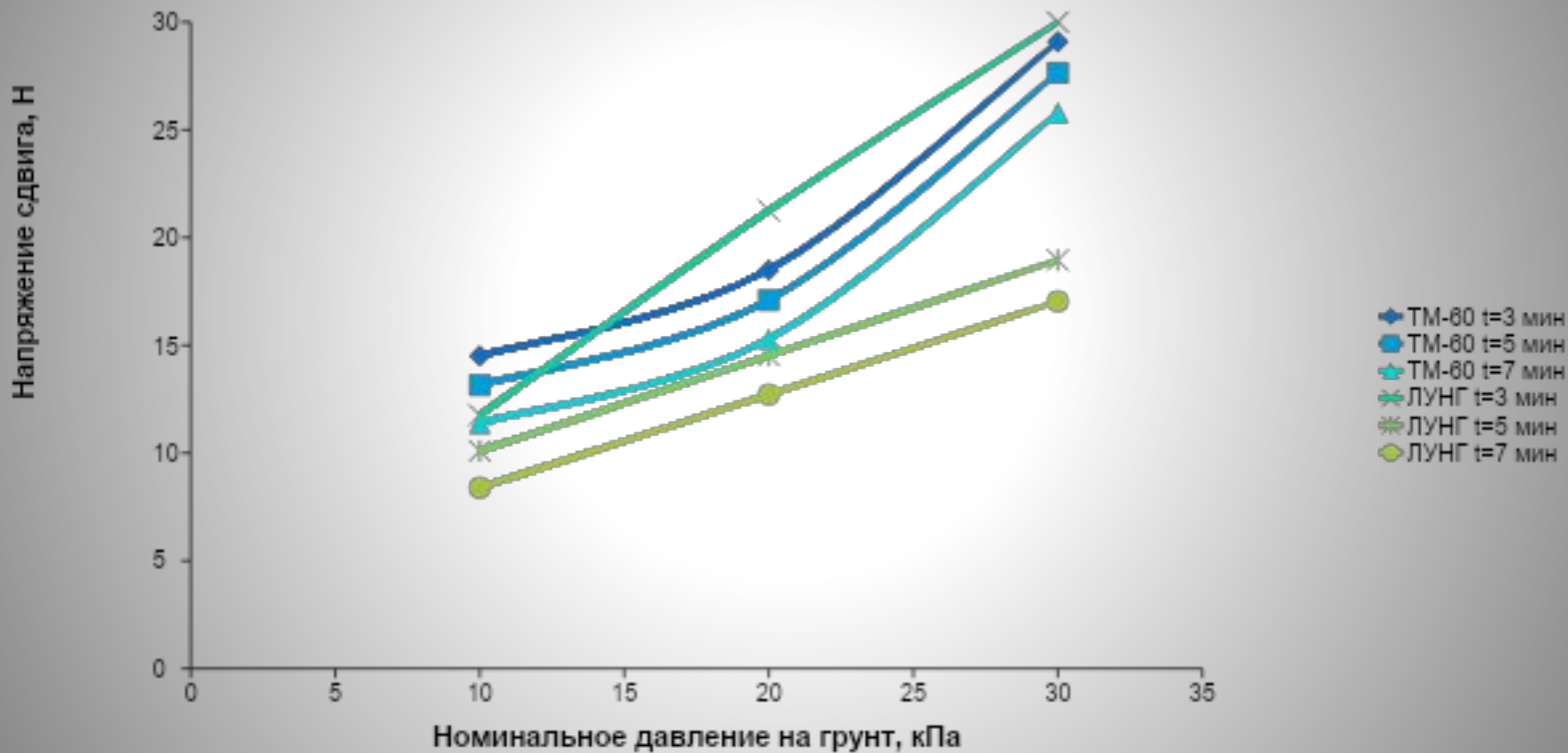


Поверхность отклика при взаимодействии варьируемых факторов при использовании ЛУНГ



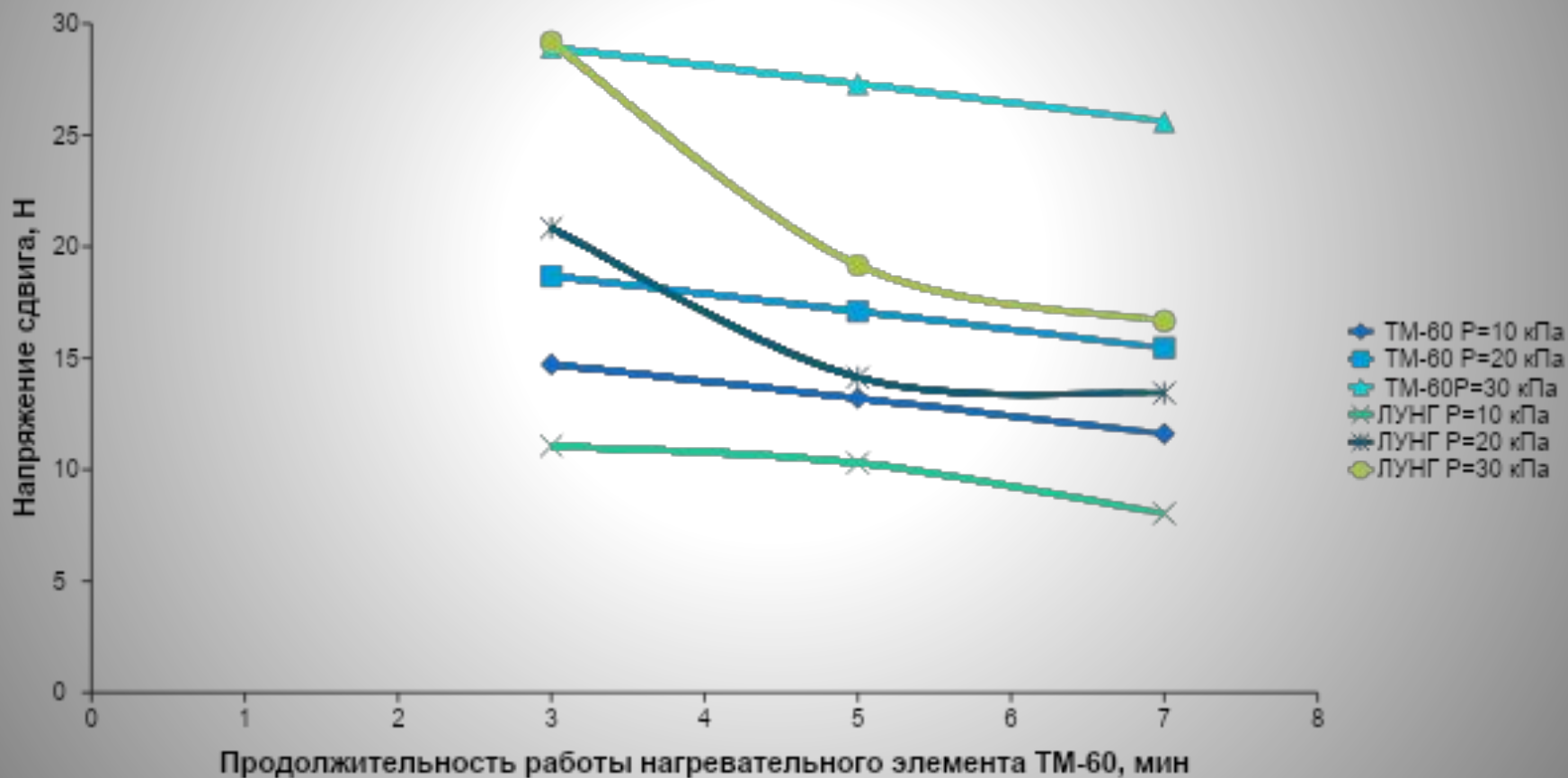
Зависимость напряжения сдвига от номинального давления на грунт:

С применением нагревательного  
элемента ТМ-60 и ЛУНГ

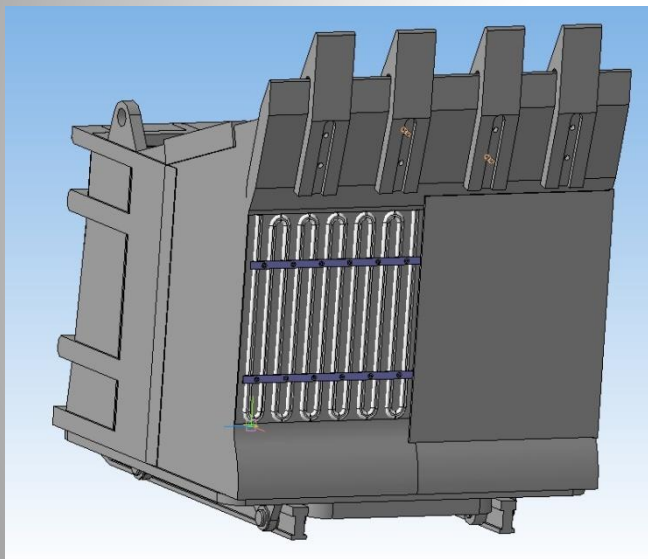


# Зависимость усилия сдвига от продолжительности нагрева:

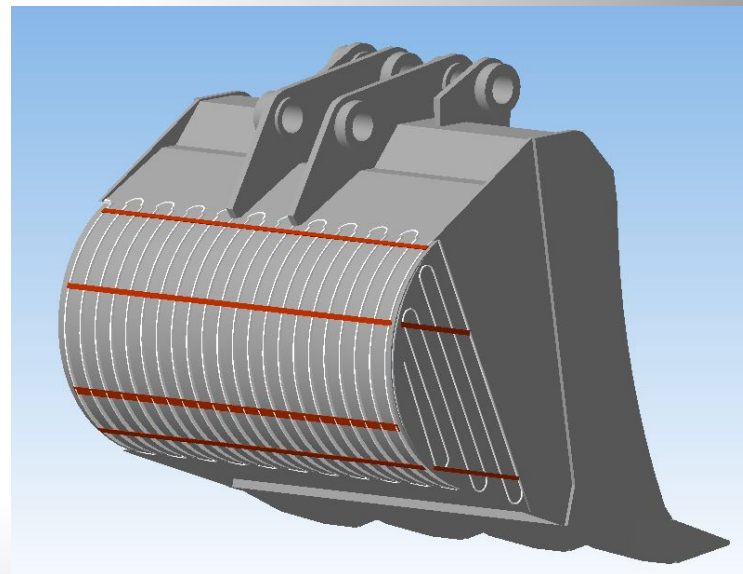
С применением нагревательного элемента ТМ-60 и ЛУНГ



# Техническое решение



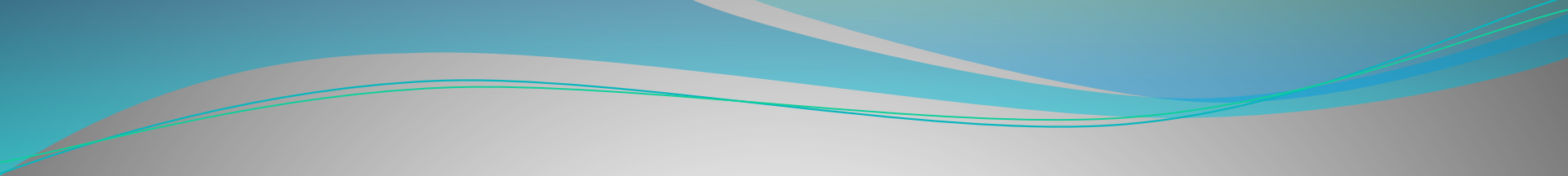
Ковш прямая лопата с  
нагревательным элементом



Ковш обратная лопата с  
нагревательным элементом

# Выводы:

- Установлен характер изменения силы трения грунта о металлическую поверхность с учетом адгезии при смерзании, а также в условиях теплового воздействия.
- Экспериментально оценено влияние внешних факторов (типа грунта, давления прижатия, влажности, температуры окружающей среды, времени контакта), определяющих адгезию грунтов при отрицательной температуре, на прочность смерзания грунта с металлической поверхностью рабочего органа.
- Проведены экспериментальные исследования для установления закономерностей, определяющих влияние дисперсности (типа грунта), давления прижатия, влажности, температуры окружающей среды, времени контакта на прочность смерзания грунта (по напряжению сдвига) с металлической поверхностью рабочего органа при тепловом воздействии.
- Установлены зависимости, определяющие влияние параметров (температуры нагрева зоны контакта, продолжительности воздействия) теплового воздействия, на прочность смерзания грунта (по напряжению сдвига) с металлической поверхностью рабочего органа.
- Разработаны рекомендации по выбору рациональных параметров и режимов работы оборудования теплового действия, обеспечивающего снижение адгезии грунтов, к рабочим органам при отрицательной температуре.



ДОКЛАД ОКОНЧЕН  
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ