

В. А. Ганжа

# Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом

Монография

Институт нефти и газа



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**В. А. Ганжа**

**РАЗРУШЕНИЕ  
СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ  
МЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

Монография

Красноярск  
СФУ  
2012

УДК 628.4.002.51

ББК 39.311.18

Г 190

Рецензенты:

*Н. И. Селиванов*, д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО КрасГАУ;

*Д. Л. Гутман*, инженер по организации, эксплуатации и ремонту ОАО «Аэропорт Емельяново», Красноярск

**Ганжа, В. А.**

Г 190

Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом : монография / В. А. Ганжа. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 192 с.

ISBN 978-5-7638-2572-5

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований дано обоснование параметров дискового режущего инструмента, применение которого в сменных рабочих органах спецмашин обеспечит минимизацию энергетических затрат при разрушении прочных снежно-ледяных и гололедных образований резанием. Предложена конструкция отвалного рабочего органа, оснащенного дисковым режущим инструментом, обоснована возможность разрушения прочных снежно-ледяных образований этим рабочим органом с минимальной энергоемкостью процесса.

Предназначена для инженеров-конструкторов, разрабатывающих конструкции исполнительных органов спецмашин, инженерно-технических работников аэродромов гражданской авиации и дорожных эксплуатационных организаций, а также студентов направления подготовки специалистов 190110.65 «Транспортные средства специального назначения» укрупненной группы 190000 «Транспортные средства».

УДК 628.4.002.51

ББК 39.311.18

ISBN 978-5-7638-2572-5

© Сибирский федеральный университет, 2012

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>Глава 1. Виды зимней скользкости и классификация природных льдов .....</b>	<b>10</b>
1.1. Формирование снежно-ледяных и гололедных образований на покрытиях аэродромов и автомобильных дорог .....	10
1.2. Классификация природных льдов .....	13
1.3. Физико-механические свойства льда .....	18
1.3.1. Удельный вес (плотность) и пористость льда .....	18
1.3.2. Прочностные свойства льда .....	19
1.3.3. Вязкость льда .....	24
1.3.4. Коэффициент внешнего трения льда .....	25
1.4. Основные закономерности деформирования и разрушения льда .....	26
1.4.1. Деформирование монокристаллов льда .....	27
1.4.2. Деформирование поликристаллов льда .....	28
<b>Глава 2. Средства и методы предотвращения и устранения снежно-ледяных образований на покрытиях дорог и аэродромов .....</b>	<b>29</b>
2.1. Особенности зимнего содержания аэродромов .....	29
2.2. Особенности зимнего содержания автодорог .....	38
2.3. Недостатки распространенных методов очистки аэродромных и дорожных покрытий от снежно-ледяных и гололедных образований .....	43
2.4. Рабочие органы широко применяемых уборочных машин .....	46
<b>Глава 3. Результаты оценки конструкций рабочих органов специальных машин и исследований по разрушению различных материалов дисковыми резцами .....</b>	<b>55</b>
3.1. Разрушение горных пород дисковым режущим инструментом .....	56
3.2. Разрушение мерзлых грунтов дисковым режущим инструментом .....	60
3.3. Анализ конструкций устройств для разрушения снежно-ледяных и гололедных образований дисковым инструментом .....	71

<b>Глава 4. Современное оборудование специальных машин для механического разрушения снежно-ледяных образований</b>	<b>80</b>
4.1. Вибрационное оборудование для разрушения уплотненного снега с вертикальными, горизонтальными и наклонными колебаниями рабочих инструментов .....	82
4.2. Щеточное рабочее оборудование .....	88
4.3. Роторное рабочее оборудование .....	91
<b>Глава 5. Экспериментальные исследования процесса механического разрушения льда дисковым режущим инструментом .....</b>	<b>98</b>
5.1. Условия проведения эксперимента .....	98
5.2. Приборы и оборудование испытательной лаборатории	104
5.3. Методика проведения экспериментальных исследований .....	111
5.4. Анализ точности измерений .....	112
5.5. Методика определения необходимого числа опытов	117
5.6. Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований .....	119
5.6.1. Анализ результатов экспериментальных исследований .....	122
5.6.2. Расчет удельной энергоемкости процесса резания ледяного массива дисковым режущим инструментом .....	132
<b>Глава 6. Разработка математической модели процесса резания ледяного массива дисковым инструментом .....</b>	<b>134</b>
6.1. Общность закономерностей разрушения мерзлых грунтов и льда .....	134
6.2. Математическая модель процесса взаимодействия дискового резца со льдом .....	137
6.3. Методика расчета усилий резания льда дисковым режущим инструментом .....	156
6.3.1. Расчет составляющих усилия резания льда дисковым резцом типа А по блокированной схеме резания .....	156
6.3.2. Пример расчета составляющих усилия резания льда дисковым резцом типа А по блокированной схеме резания .....	159
6.3.3. Пример расчета составляющих усилия резания льда дисковым резцом типа А по полублокированной схеме резания .....	162

<b>Глава 7. Разработка конструкции рабочего органа, оснащенного дисковым режущим инструментом .....</b>	<b>165</b>
7.1. Конструкция сменного рабочего органа отвального типа, оснащенного дисковым режущим инструментом ....	165
7.2. Расчет силы сопротивления снежно-ледяных образований резанию основным стандартным отвалом автогрейдера .....	168
7.3. Расчет силы сопротивления снежно-ледяных образований резанию отвальным рабочим органом, оснащенный дисковыми резцами .....	169
<b>Заключение .....</b>	<b>179</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>182</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране реализуется Федеральная целевая программа «Модернизация транспортной системы России 2010–2015 гг.», в рамках которой заявлены подпрограммы «Гражданская авиация» и «Автомобильные дороги» [1]. Подпрограмма «Гражданская авиация», наряду с прочими важнейшими задачами, предусматривает возрождение и развитие региональной авиации в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока. Необходимость этого обусловлена ежегодно возрастающими объемами перевозок грузов и пассажиров, а также стремительным развитием предприятий нефтегазового комплекса в указанных регионах. В связи с этим запланировано восстановление и реконструкция сети старых и строительство новых аэродромов и вертолетных площадок как с искусственным, так и с грунтовым и ледовым покрытиями. При строительстве указанных наземных авиационных объектов будет одновременно расширяться и сеть автомобильных дорог местного значения, в том числе и зимников, обеспечивающих движение автотранспорта и спецмашин при обустройстве нефтяных и газовых месторождений.

В рамках подпрограммы «Автомобильные дороги» предусматривается строительство и реконструкция мостов, путепроводов и автомобильных дорог общего пользования федерального значения практически во всех регионах Российской Федерации.

В последнее десятилетие наблюдается стремительный рост городского жилищного строительства. Появление и развитие новых микрорайонов сопровождается расширением сети городских автомобильных дорог.

Увеличение протяженности дорог различных категорий, а также расширение сети действующих аэропортов повлечет за собой и увеличение объемов работ по содержанию этих объектов.

Самым ответственным и сложным этапом сезонной эксплуатации дорог и аэродромов является зимнее содержание покрытий. Нормативными документами [2–10] определены достаточно высокие требования к показателям качества различных дорожных и аэродромных покрытий, так как именно эти показатели оказывают решающее влияние на уровень безопасности полетов воздушных судов и качество обслуживания пассажиров, аварийность на автодорогах и травматизм участников дорожного движения.

При зимнем содержании дорог и аэродромов особенно трудоемкими являются мероприятия по предотвращению и устранению снежно-ледяных и гололедных образований, которые в настоящее время выполняются химико-механическим, тепловым и комбинированным методами (на автодорогах также применяется фрикционный метод). Данные методы оперативны