

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации
Тюменский государственный нефтегазовый университет

На правах рукописи
УДК. 621.084

МЕРДАНОВ ШАХБУБА МАГОМЕДКЕРИМОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА
И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Специальность 05.15.13 - Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ

АВТОРЕФЕРАТ
Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень 1996 г.

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации
Тюменский государственный нефтегазовый университет

На правах рукописи
УДК. 621.084

МЕРДАНОВ ШАХБУБА МАГОМЕДКЕРИМОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА
И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Специальность 05.15.13 - Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень 1996 г.

Работа выполнена в Тюменском государственном нефтегазовом университете.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Карнаухов Николай Николаевич

Официальные оппоненты - д.т.н., проф. Иванов В.А.
к.т.н., доцент, Шуваев А.Н.

Ведущая организация: Тюменское управление магистральных газопроводов.

Защита диссертации состоится 21 ноября 1996 г. в 14⁰⁰ час. в ауд. 219 на заседании специализированного Совета Д 064.07.02 по защите диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.13 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» при Тюменском государственном нефтегазовом университете.

Адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского государственного нефтегазового университета.

9

Автореферат разослан 18 октября 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
д.т.н., проф.



Шантарин В.Д.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Устойчивое развитие экономики России тесным образом связано с обеспечением предприятий и социальной сферы энергоносителями и сырьем в виде нефтепродуктов и природного газа. Выполнение этой задачи требует освоения новых месторождений нефти и газа, которые расположены, как правило, в отдаленных северных районах Западной Сибири и полуострова Ямал. Высокая заболоченность территории, большое количество москитов, короткий навигационный период делают практически невозможным выполнение строительных работ в летний период. Создание вдольтрассовых дорог в капитальном исполнении очень дорого, так как при низкой интенсивности их использования требуется большое количество строительных материалов, существующая практика строительства временных вдольтрассовых дорог наносит непоправимый урон растительному покрову тундры. В то же время длительность зимы в этих широтах, низкие температуры, большие запасы снега создают благоприятные условия для возведения экологически чистых снеголедовых дорог, полностью обеспечивающих транспортные потребности как в период строительства, так и эксплуатации трубопроводов. Строительство снеголедовых дорог в насыпи известно давно и применялись в России и за рубежом с давних времен. Однако до настоящего времени не созданы средства их механизированного возведения. Механизация возведения снеголедовых дорог в насыпи при современных темпах строительства трубопроводов становится актуальной задачей.

Наибольшие перспективы нефтегазодобычи связаны с освоением месторождений в северных районах Западной Сибири и полуострова Ямал.

Большой вклад в решение проблем, возникающих при строительстве объектов транспорта нефти и газа, внесли фундаментальные работы В.Л. Березина, Л.Г. Телегина, В.П. Ментюкова, В.А. Савенко, В.А. Иванова. Прикладные вопросы, связанные с транспортным обеспечением, изучались Д.В. Дюниным, А.А. Комаровым, Р.С. Косенковым, Н.М. Тупицыным, Н.К. Ланецким. Работа машин и механизмов трубопроводостроительного комплекса в суровых климатических условиях рассматривалась в трудах Л.В. Барахтанова, Т.Х. Саттарова, П.А. Вислобницкого, С.Н. Николаева, Н.Я. Хархуты, В.Э. Ронгомена и др.

Сооружение вдольтрассовых проездов традиционно осуществлялось созданием временного полотна в начальный период зимы, когда промерзнет несущее основание, и затем периодической расчисткой трассы от заносов в процессе эксплуатации. В северных районах Тюменского региона количество дней с метелями составляет от 10 до 30 % продолжительности зимнего периода, это вызывает остановку движения иногда на несколько

дней, поэтому расчистка дороги требует значительных затрат времени и большого количества техники. Установлено, что потери, вызванные нарушением проезда транспорта в течение только одних суток, могут превышать затраты на содержание дороги в течение всего зимнего периода.

В связи с изложенным, для снижения затрат и обеспечения и сохранности почвенного покрова тундры необходимо разработать новые инженерные решения возведения вдольтрассовых дорог, позволяющие использовать специфические северные условия, такие как снег, холод, продолжительный зимний период.

Таким образом, проблема транспортного обеспечения в районах Сибири и Крайнего Севера представляется актуальной и отражает объективные потребности нефтегазового строительства в совершенствовании методов строительства и ремонта нефтегазотранспортных систем на пионерном этапе освоения месторождений

Целью работы является совершенствование методов строительства и ремонта трубопроводов за счет разработки техники и технологии для возведения временных вдольтрассовых дорог в условиях Сибири и Крайнего Севера.

Основные задачи исследования: в диссертационной работе рассматриваются следующие задачи:

- анализ основных методов сооружения подъездных путей и вдольтрассовых проездов при сооружении трубопроводов;
- разработка механизированных методов сооружения вдольтрассовой снежоледовой дороги на замороженном основании;
- разработка математической модели дорожного полотна зимника, возводимого с увлажнением и уплотнением снежоледового полотна с учетом нагрузок ходовых систем транспортных средств трубопроводостроительного комплекса;
- экспериментальное обоснование и подтверждение теоретических положений и научно-технических решений по созданию снежоледовых дорог;
- определение технологических параметров работы снегоуплотняющих и снегоувлажняющих машин;
- разработка новых и совершенствование существующих типов машин и оборудования для сооружения дорожного полотна снежоледовой дороги.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- предложена рациональная технологическая схема возведения зимников с учетом климатических условий зоны строительства трубопроводов;

- определены нагрузки на снеголедовые дороги, характерные для транспортных средств, используемых при строительстве и ремонте трубопроводов на Севере Западной Сибири;

- выявлены закономерности увлажнения и уплотнения снега;

- определены технологические параметры работы снегоуплотняющих и снегоувлажняющих машин;

- изложены теоретические подходы к решению задач увлажнения уплотнения снега, защищенные авторскими свидетельствами;

- разработана модель прогнозирования параметров природно-климатических условий для конструирования дороги и выбора комплекса машин.

Практическая ценность работы. Разработана методика выбора машины для строительства вдольтрассовых снеголедовых дорог в насыпи в условиях Сибири и Крайнего Севера; создан банк данных по климатическим условиям зоны строительства нефтегазопроводов на Севере (программа «Климат»); разработана программа автоматизированного расчета параметров снеголедовой дороги и выбора комплекта машины (программа «Road»).

Созданы и успешно прошли испытания конструкции снегоувлажняющих и снегоуплотняющих машин, защищенные авторскими свидетельствами и патентами Российской Федерации.

Достоверность полученных результатов подтверждена хорошей сходимость теоретических и экспериментальных исследований.

Основные результаты исследований использованы при создании экспериментального участка снеголедовой дороги протяженностью 2 километра на участке Ныдинский Водозабор - Ямбург, 5 километров в районе компрессорной станции "Приозерная" вблизи г. Надыма и 28 километрового участка в районе г. Воркуты.

Экономический эффект по данным треста "Севертрубопроводстрой" составил 251 тысячу 222 рубля на 1 км. дороги в ценах 1991 года.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях: "Эксплуатация машин в суровых условиях", Тюмень, 1989; "Нефть и газ Западной Сибири", Тюмень, 1989; "Повышение эффективности проектирования, испытаний и эксплуатации автомобилей и строительно-дорожных машин", Горький, 1988; "Проблемы освоения нефтегазовых ресурсов Западной Сибири", Тюмень, 1987; "Совершенствование зимних дорог и ледяных переправ на севере Сибири", Тюмень, 1989; «Повышение надежности и экологических показателей автомобильных двигателей», Горький, ГПИ, 1990; «Региональные проблемы эксплуатации автомобильного транспорта», Тюмень, ТюмГНГУ, 1995; «Нефть и газ Западной Сибири», Тюмень, ТюмГНГУ, 1996; «Развитие строительных машин. Механизации и автома-

тизации строительства и открытых горных работ», Москва, МГСУ, 1996, а также обсуждались на научно-технических советах ГлавСибтрубопроводстроя, тр. "Севертрубопроводстрой", техническом совете Тюменского управления магистральных газопроводов, на секции Миннефтегазстрой ВДНХ в Москве.

Публикации работы. По материалам исследования опубликовано 23 печатных работ, в том числе 2 монографии, а также получено 8 авторских свидетельств.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследований, направленной на совершенствование строительства и ремонта трубопроводов, сформулированы цель и задачи научных исследований.

В первой главе производится анализ природно-климатических и организационно-технологических условий строительства трубопроводов в районах Сибири и Крайнего Севера, а также нагрузок на опорную поверхность ходовыми системами транспортных средств, используемых при строительстве трубопроводов. Климатические характеристики имеют свои особенности в каждом из районов строительства, однако существуют и общие черты, например, заболоченность, обводненность территории, наличие вечной- и сезонномерзлых грунтов, продолжительный период с отрицательными температурами, заснеженность трассы. По обеспеченности транспортными коммуникациями следует отметить практически полное отсутствие дорог с твердым покрытием и неравномерность их нагрузки в различные сезоны.

Значительная рассредоточенность объектов, труднопроходимость трасс, прокладываемых по заболоченным территориям, затрудняет доставку грузов и проезд строительной техники. Кроме того, использование транспорта при существующей схеме строительства трубопроводов приводит к разрушению мохено-растительного покрова ходовыми системами машин трубопроводостроительного комплекса и сильной эрозии почвы. Сооружение дорог капитального типа для обслуживания разрозненных и протяженных объектов экономически не оправдано, т.к. такие дороги эксплуатируются лишь в течение одного-двух строительных сезонов или через большие промежутки времени, например, при реконструкции трубопровода. Следовательно, создаваемое дорожное полотно должно отвечать требованиям проезда строительной техники на короткий срок эксплуатации.

Перечисленные факторы значительно снижают эффективность использования автомобильного транспорта, увеличивают стоимость процесса возведения и эксплуатации дорожного полотна, поэтому в условиях Западной Сибири при значительном рассредоточении объектов и большой

протяженности трасс зимники остаются наиболее приемлемым средством доставки грузов автомобилями и обеспечивают проезд тяжелой техники без нарушения мохового и растительного покрова почвы.

Учитывая, что строительство и ремонт трубопроводов и нефтегазовых объектов производится в основном зимой, при промерзании обводненных участков, предлагается в качестве строительного материала дорожного полотна использовать снеговой покров. При этом низкие температуры дополнительно увеличивают прочность снега и ускоряют время создания дорожного полотна. Установлено, что при правильном выборе типа дороги, зимники обладают достаточной прочностью, долговечностью, не требуют больших затрат на содержание в течение срока эксплуатации.

При выборе конструкции и создании проекта строительства снегодовой дороги обязательным условием является знание климатических характеристик местности. Анализ многолетних наблюдений и проведенные исследования показали, что в различные годы высота снегового покрова, температура воздуха, почвы и т.д., могут значительно меняться. В работе приводятся графики изменения температуры окружающего воздуха и почвы для г.г. Надыма, Уренгоя, Салехарда и более пятидесяти других населенных пунктов Тюменской области, причем в качестве иллюстрации приведены лишь максимальные, минимальные и средние значения по годам. Например, г. Уренгой. (рис. 1).

Значительный разброс данных, полученных в результате многолетних наблюдений, позволил установить, что выбор конструкции и типа зимника можно определить лишь на основе реальных данных, не ранее, чем за один - три месяца до начала строительства, поэтому для выбора конструкции дорожного полотна, элементов основания и других характеристик зимника в конкретных условиях возведения предлагается использовать модель прогнозирования природно-климатических условий. Вероятные характеристики определяются с учетом расположения пункта A с географическими координатами - широты U_a и долготы V_a . Для этого определяются ближайшие к точке A метеорологические посты, где климатические условия будут практически одинаковы. Расстояние определяется как

$$\cos D = \sin U_a \sin U + \cos U_a \cos U \cos (V_a - V), \quad (1)$$

где U, V - широта и долгота рассматриваемого места.

Полученные метеорологические характеристики района строительства позволяют, кроме конструкции дорожного полотна, выбрать марки и технологические параметры работы машин. Известно, что работа машин и механизмов в условиях низких температур имеет особенности и в значительной степени это связано с температурой воздуха и скоростью ветра - понижение температуры ниже нуля увеличивает затраты на запуск двигателя и прогрев гидросистемы и сокращает время работы.

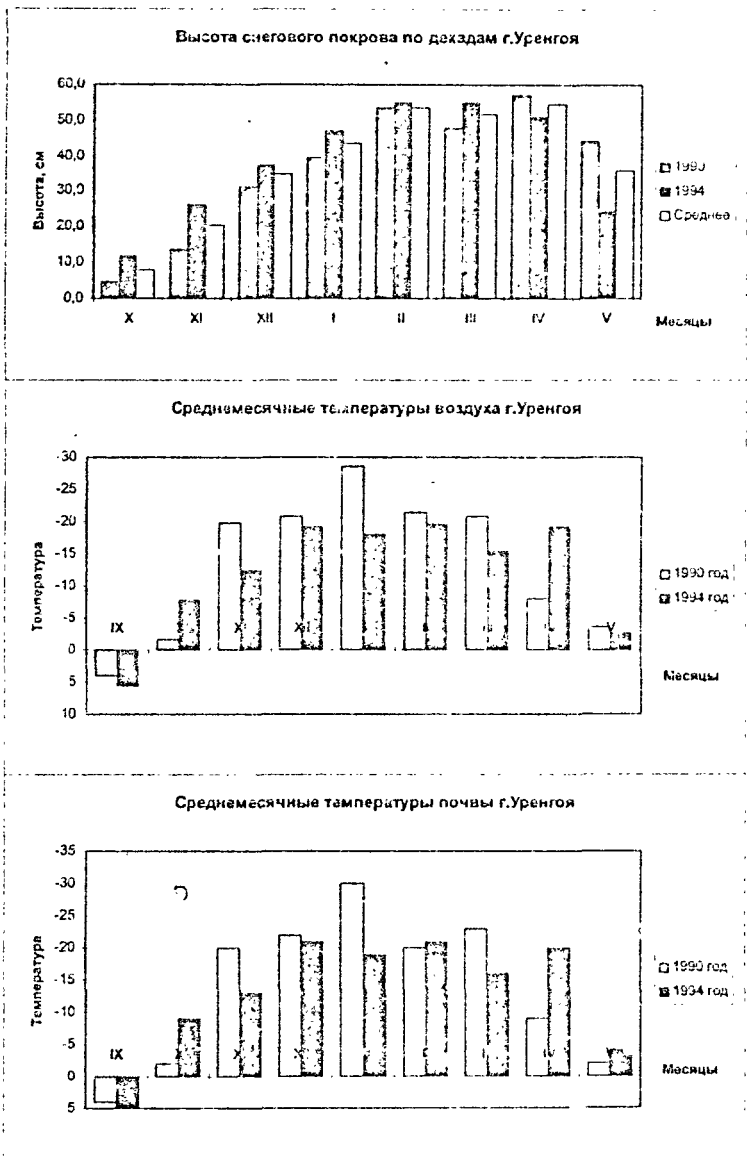


Рис. 1.

Выполненный в работе анализ методов сооружения зимников показал, что их сравнительно низкая эффективность обусловлена большим объемом работ при расчистке полотна от влывшего снега в течение срока эксплуатации. Поэтому предлагается использовать свежесыпавший снег для наращивания дорожного полотна, что, в свою очередь, уменьшит заносимость дороги.

Следовательно, разработка конструкции зимника с наращиванием в течение строительного сезона дорожного полотна с определенной плотностью и механизация процессов строительства является актуальным направлением, от реализации которого зависит эффективность работы трубопроводостроительных организаций.

Во второй главе диссертационной работы рассматриваются процессы увлажнения и уплотнения снегового покрова.

Известно, что зерна снега значительно отличаются друг от друга в зависимости от времени выпадения, оседания, температуры и ее перепадов, причем структура снега может изменяться даже в течение суток, и чем прочнее связи между частицами, тем тверже снег. Напряженно-деформированное состояние снега зависит от предшествующего нагружения, состояния окружающей среды, особенно температуры, влажности и длительности приложения нагрузки. Современные исследования показывают, что требуемые параметры снегового покрова образуются при широком спектре гранулометрического состава и равномерном распределении частиц по объему уплотнения, чем достигается высокая степень компактности частиц снега.

Последовательность технологических операций по упрочнению снега, т.е. по увеличению его несущей способности, следующая: перемешивание снега, измельчение, его увлажнение, уплотнение увлажненного снега, замораживание влаги в уплотненном увлажненном снежном покрытии.

Известно, что плотность свежесыпавшего снега в течение суток составляет не более 200 кг/м^3 , а, согласно требованиям, плотность в основном должна составлять не менее 450, в покрытии - 650 и в верхней, наиболее деформируемой под гусеницами и колесами транспорта, части покрытия дороги - 700 кг/м^3 .

В работе подробно рассматривается процесс увлажнения и уплотнения снежного полотна и предлагается математическая модель процесса уплотнения снега. Для уплотнения в снег должно быть внесено определенное количество влаги, что имеет большое значение при формировании прочностных качеств полотна зимника.

Относительная влажность снега в основном зависит от его температуры - для свежеснежавшего снега может изменяться в пределах от 1% до 25% и может быть определена по известной формуле

$$w = 14,11 - 1,715t \quad (2)$$

где t - модуль температуры снега в градусах Цельсия.

Каждому значению относительной влажности соответствует значение максимально возможной плотности снега, определяемой по формуле

$$r = 0,37 w^{0,2} \quad (3)$$

Для оценки сцепных свойств движителей ходовых устройств со снегом используют такие его характеристики, как показатель сцепления и коэффициент внутреннего трения. Значения этих характеристик в зависимости от плотности и температуры снега приведены в справочной литературе.

Известно, что снег в полотно зимней дороги невозможно уплотнить, если не довести в нем содержание жидкой фазы до 10-15%, а максимальное увлажнение, позволяющее при минимуме нагрузки достичь плотности 700 кг/м³, составляет 28%. Предлагается для увлажнения снега использовать внесение в него воды - полив или тепловую обработку снега с расплавлением снежных частиц с помощью специального теплового оборудования, которое может быть автономным или совмещается с машинами для перемещения и уплотнения снега. Тепловое оборудование предназначено для повышения температуры снега непосредственно перед уплотнением.

Сравнительный анализ методов увлажнения показал, что при большом объеме работ по строительству зимних дорог предпочтительным является использование теплового оборудования, так как в районах Крайнего Севера серьезные трудности вызывает отсутствие в достаточном количестве воды (вследствие промерзания рек и озер на глубину до 4 м). Поэтому подробно рассмотрены разновидности теплового дооборудования машин, а также специализированные машины, применяемые при строительстве зимних дорог и ледовых переправ. В качестве теплоносителей такие машины могут использовать открытое пламя, газообразные продукты сгорания топлива, нагретый воздух, нагретый водяной пар, нагретые твердые тела и радиацию.

Автором разработан и испытан в натуральных условиях комплекс машин оригинальной конструкции, защищенных патентами Российской Федерации (№№ АС 1452879, 1622497, 1696811, 1731907, 1723232, 1742416, 1810435).

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям процессов уплотнения и увлажнения снега.

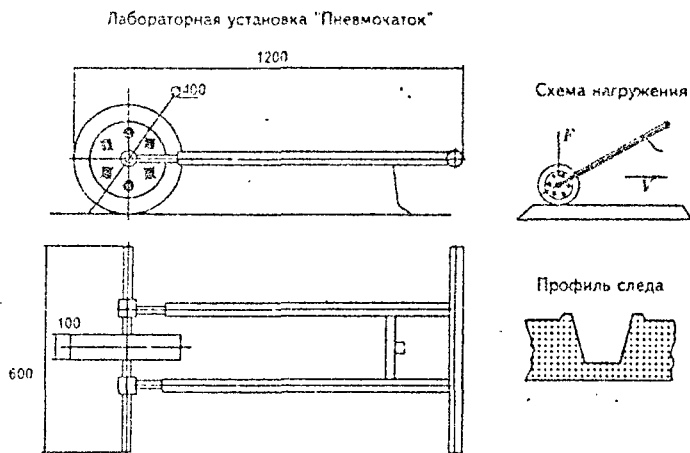
Наиболее сложными при возведении снежоледовых зимников являются вопросы: выбор оптимальной толщины набрасываемого слоя снега для дальнейшего его эффективного уплотнения; определение минимального количества проездов катком для достижения необходимой плотности дорожного покрытия. От решения этих вопросов зависит прочность, долго-

вечность зимника затраты на его возведение. С целью получения ответов на эти вопросы в лаборатории «Специальные технологические и транспортные средства» Тюменского государственного нефтегазового университета были проведены лабораторные и натурные эксперименты.

Для проведения опытов в металлические короба засыпался послойно снег толщиной по 50 мм, причем каждый слой отделялся тонким слоем песка. В центре короба устанавливался штамп, к которому прикладывалась статическая нагрузка. Многократные нагружения с различными интервалами и выдержкой показали, что заметные изменения плотности снега происходили на глубине до 1,3 диаметра штампа, а ниже резко затухали.

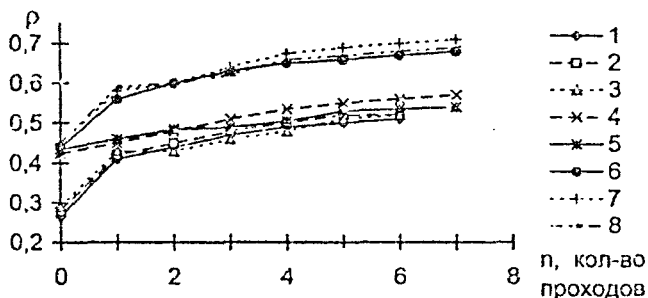
Установлено, что в диапазоне температур от -25 до -6°C уплотняемость снега практически не изменяется. Дальнейшее повышение температуры резко увеличивает способность снега к уплотнению, следовательно, для эффективного уплотнения необходимо, чтобы его температура была не ниже $-1 - 4^{\circ}\text{C}$ и оптимальным периодом для уплотнения снега на дорожном полотне является осенний, до начала окончательного промерзания трассы.

При создании дорожного основания снег периодически уплотняется с помощью катков. Для определения количественных характеристик уплотнения снега катками были проведены эксперименты на разработанной автором установке «Пневмокаток» (рис. 2).



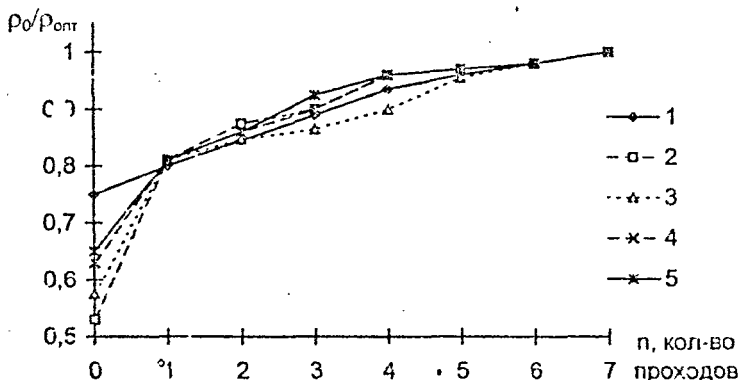
Установлено, что при большой толщине снегового покрова уплотнение в верхних и нижних слоях происходит неодинаково: нижний слой практически не изменился, второй и третий изменились незначительно и максимальные деформации получил предпоследний и последний слои.

Плотность верхнего слоя достигла значения 600 - 620 кг/м³. По полученным значениям оп. сделано распределение напряжений по глубине снега, что позволило определить зависимость плотности от количества нагружений (рис. 3) и определить коэффициент уплотнения (рис. 4).



1,2,3 - снег с влажностью 10-12% первоначальное уплотнение (легкий каток); 4,5 - предварительно уплотненный снег с влажностью 10-12% (тяжелый каток); 6,7,8 - предварительно уплотненный снег с влажностью 16-18% (тяжелый каток).

Рис. 3.



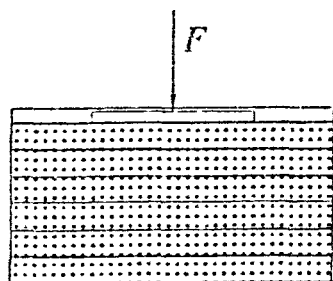
1 - влажность 16-18%, каток тяжелый; 2 - влажность 10-12%, каток легкий; 3 - влажность 10-12%, каток легкий; 4 - влажность 10-12%, каток тяжелый; 5 - влажность 16-18%, каток тяжелый (после легкого).

Рис. 4

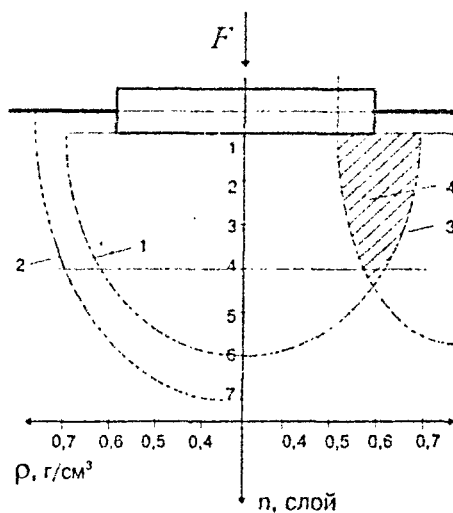
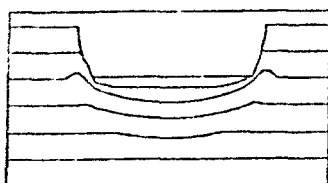
Количество проходов техники по одному следу зависит от толщины снега, скорости и производительности катка: при минимальной влажности требует большего количества нагружений; повышение влажности снега при таких же нагрузках значительно сокращает количество проходов техники.

Сравнение результатов экспериментов показало, что прирост плотности после четвертого прохода пневмокатка незначителен и составляет не более 2 - 3% за один проход, следовательно, наибольший эффект уплотнения достигается за первые три-четыре прохода катка. Следует отметить, что такое уплотнение характерно для снега с различной начальной плотностью. С учетом коэффициента уплотнения и контактного давления от машины можно определить глубину деформации снега, т.е. оптимальную высоту набрасываемого снега. Для реальных дорог она составляет при оптимальной влажности 20 - 25 см. (рис. 5).

Схема нагружения



Сечение ядра уплотнения



- 1 - кривая однократного нагружения;
- 2 - кривая пятикратного нагружения;
- 3 - усредненная кривая;
- 4 - зона перекрытия.

Рис. 5.

В случае, если давление машины будет составлять максимальное значение, соответствующее пределу прочности снега, то изменение структуры будет происходить около поверхности и не затрагивать глубже лежащие

слон, в связи с чем однородность уплотняемого снега будет нарушена. Поэтому принято уплотнять снег двумя или более машинами, а именно: легкой (первоначальное уплотнение) и тяжелой (нагрузка в 1,5 - 2 раза выше) - для окончательного уплотнения. При этом учитывается, что контактные давления при первом проходе тяжелой машины должны быть равны контактным давлениям последнего прохода легкой техники.

Минимальный поперечный размер в плане рабочего органа уплотняющей машины можно определить по глубине развития деформации.

Пятно контакта от пневмокатков представляет собой эллипс и глубина активной зоны может быть получена по известной формуле:

$$h_0 = 0,2 \frac{W}{W_0} \sqrt{p \cdot p_w} \quad (5)$$

где p - нагрузка на колесо; p_w - давление воздуха в шинах.

Таким образом, изменение давления в шинах может влиять на глубину осадки, т.е. на глубину активной зоны.

Следовательно, полная деформация снегового покрова ϵ определяется как

$$\epsilon = \epsilon_0 (k \cdot \ln n + 1), \quad (6)$$

где k - коэффициент интенсивности накопления необратимых деформаций; n - количество проходов техники.

Предлагается зависимость плотности снега от числа проходов пневмокатков описывать уравнением:

$$q_n = q_0 + a \cdot n^b, \quad (7)$$

где q - плотность снега до уплотнения, n - номер прохода катка, a и b - коэффициенты, определяемые экспериментально для каждого вида катка; для пневмокатков типа ДУ-16 $a = 0,1$; $b = 0,77$.

Для подтверждения результатов исследований был проведен промышленный эксперимент - строительство снеговой дороги Пыдинский волозабор - Ямбург, протяженностью 2 км. В работе приведены климатические характеристики района строительства и подробно рассматривается технология промораживания основания и создания дорожного полотна. Сравнение результатов естественного промораживания и ускоренной, за счет промишки, технологии подготовки основания, показало, что сокращение времени достигает от 5 до 30 суток в зависимости от температуры окружающей среды?

При формировании поверхности снеговой дороги равномерная плотность по всему сечению достигала значений 700 кг/м^3 за счет перемешивания, увлажнения и уплотнения, что позволило получить прочное основание и дорожное полотно, выдерживающее интенсивные нагрузки от трубопроводостроительных потоков.

В четвертой главе подробно рассматриваются процессы создания дорожного полотна зимника с использованием различных машин для районов Тюменского региона.

При разработке технологии сооружения зимников были определены основные операции по промораживанию и подготовке основания, а также наращиванию дорожного полотна, причем порядок выполнения работ определялся в зависимости от требований, предъявляемых к качеству дорожного покрытия, и в большей степени - от внешних условий работы машин.

Для формирования дорожного полотна заданной плотности и прочности в зависимости от технологии строительства используются различные типы снегоувлажняющих и снегоуплотняющих машин. Районы обслуживания трубопроводов отличаются как по климатическим характеристикам, так и по протяженности трассы, поэтому для выполнения работ предлагается использовать оборудование машин, разработанное с участием автора: устройство для уплотнения снега на дорогах (АС №1350234), прицепной агрегат для уплотнения снега (АС №1461815), термовибрационная машина для уплотнения снега (АС №1452879), роторный рабочий орган (АС №1731907) и др. В работе приводится описание конструкций и принцип их работы.

Наиболее распространенным является устройство для термоувлажнения - термоволокуша.

Известно, что, чем больше влажность снега (выше температура), тем он пластичнее, более склонен к слипанию и уплотнению; кроме того, при определении степени нагрева снега необходимо знать и теплофизические свойства, которые характеризуют энергетическую сторону фазовых превращений и устойчивость конструкций из снега при изменении внешней и внутренней температуры.

Теплоемкость снега характеризует затраты энергии на повышение его температуры. Для нагревания снежного покрова от средней температуры залегания до критической требуется значительно меньше количества теплоты, чем для осуществления плавления.

В работе предлагается использовать математическую модель увлажнения снега.

В случае применения камеры снегоувлажняющей машины (термоволокуши) можно определить средний температурный напор:

$$\Delta T = (\Delta T_б + \Delta T_м) / 2, \quad (8)$$

где $\Delta T_б$, $\Delta T_м$ - больший и меньший температурные напоры, соответствующие разнице температуры теплоносителя и тела в начале и конце рабочего процесса, °С.

Непосредственно в теплообменной камере снегоувлажняющей машины температурный напор определяется из следующих выражений:

$$\Delta T_{\text{н}} = T_{\text{н}} - t_{\text{сн}}; \quad \Delta T_{\text{к}} = T_{\text{к}} - 273 \text{ К}, \quad (9, 10)$$

где $T_{\text{н}}$, $T_{\text{к}}$ - температуры газов в начале и конце камеры, $t_{\text{сн}}$ - температура снега.

Результаты расчета температурного напора согласуются в сравнении с известными данными (табл. 1).

| Результаты расчета температурного напора в тепловом оборудовании | | | | | | Термо волокуши | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|----------------|----------------------|
| Наименование параметров рабочего оборудования | Значение параметров при начальной температуре в °С для машины типа СТМ | | | | | | ТюмКН совм. с ДСУ-22 |
| Расход топлива, г/с | 41,7 | 44,2 | 47,2 | 52,2 | 60,6 | 60,0 | |
| Масса продуктов сгорания, кг/с | 4,367 | 4,369 | 4,372 | 4,377 | 4,386 | 4,201 | |
| Удельная теплосмкость, кДж/с | 1,249 | 1,264 | 1,285 | 1,306 | 1,324 | 1,503 | |
| Потери через стенки оборудования, кДж/с | 58,33 | 58,33 | 59,72 | 61,11 | 62,50 | 64,50 | |
| Температура выходящих газов в °С | | | | | | | |
| при КПД 0,75 | 188 | 218 | 248 | 280 | 311 | 300 | |
| при КПД 0,80 | 149 | 175 | 199 | 225 | 249 | 260 | |

Наш опыт позволяет установить, что увлажнение снега до требуемых значений достигается с помощью простейших термоувлажняющих агрегатов типа термоволокуши. Эффект достигается за счет омыва поверхности потоком тепла сгоревших газов и проникновением газов за счет избыточного давления в глубину снежного покрова.

Увлажнение может производиться различными способами, наиболее экономичными в конкретной ситуации: увлажнение водой, паром, горячим газом, инфракрасным излучением СВЧ и т.д.

Результаты работы снегоуплотняющих машин, в качестве которых использовались волокуши и катки как с нагрузкой, так и без нагрузки, показали, что чем больше увлажнение, тем меньшую нагрузку следует прилагать (табл. 2).

| Влажность снега, % | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|--|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Вес уплотняющего механизма, т | 13 | 11,5 | 10,0 | 8,5 | 7,0 | 7,0 | 6,2 |
| Количество проходов катка без нагрузки (7 т) | 7x5 | 7x4 | 7x3 | 7x2 | 7x1 | 7x1 | - |

Автором разработана математическая модель создания снежоледового полотна на переувлажненных и заболоченных участках. Высота дорожного покрытия в насыпи зависит от интенсивности нагрузки и продолжительности эксплуатации зимника. С учетом времени на ускоренное промораживание оснований, температуры окружающей среды, характеристик почвы и других условий предложены режимы обработки снежого покрова при одно- и многоразовом проходе техники с постоянной и переменной нагрузкой. Установлено, что более эффективным является режим обработки с перерывом от 2 до 4 часов между проходами техники, причем увлажнение снега позволяет уменьшить нагрузки в несколько раз. В работе рассмотрены три варианта формирования дорожого полотна: с допустимой толщиной снега, его избытком и недостатком. Подробно рассматривается создание полотна с заданной плотностью для каждого из вариантов.

Проведенные натурные эксперименты на основе разработанных автором технологий создания дорожого полотна в районах г.г. Воркуты и Надыча позволили получить зимники с заданными характеристиками, причем для одних и тех же районов применялись 3 - 4 варианта технологии сооружения зимника. Сокращение времени строительства дороги достигало 30 суток по сравнению с традиционным вариантом, а прекращения движения из-за свежавывающего снега практически не было. Дальнейшая эксплуатация этих участков показала, что они отличались повышенной прочностью покрытия, износостойкостью и имели продленный срок действия даже при наступлении оттепелей. Следовательно одни и те же машины и механизмы могут использоваться для работы в широком диапазоне климатических условий.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что современный технический уровень нефтегазового строительства ориентирован на технические решения, базирующиеся на адаптации строительного производства к климатическим особенностям крайнего Севера.

2. Установлено, что строительство временных снежоледовых дорог в уядре позволяет: снизить стоимость строительства за счет применения в качестве строительного материала снега, обеспечить сохранение почвенного покрова и растительности тундры, снизить затраты на эксплуатацию, беспечивая износостойкость автодороги ее высотой и формы.

3. Установлено, что для бесперебойного проезда техники и своевременной доставки грузов в условиях строительства трубопроводов на Севере Тюменской области наиболее эффективным является сооружение зимников в насыпи из снежоледового материала, обеспечивающих прочность, долговечность, износостойкость и экологическую безопасность при сравнительно низких затратах на обслуживание трассы.

4. Обобщены и сжаты до форм, удобных для практического использования, сведения о технологически, природно-климатических и грунтовых условиях работы и нагружения строительных машин. Предложены пакеты прикладных программ «Климат», с помощью которой описываются параметры и характеристики распределения температуры воздуха, скорости ветра, влажности воздуха, температурой на поверхности грунта и различных глубинах, толщины снежного покрова и т.д. Данные могут быть получены в среднем по региону и применительно к отдельным местностям.

5. Влияние неустойчивости климатических зон в районах строительства трубопроводных систем (значительная амплитуда колебаний температуры, неравномерность залегания грунтов, различная интенсивность их промерзания вследствие неодинаковой влажности и т.д.) может быть уменьшено за счет применения различных технологий уплотнения и увлажнения снегового покрова.

6. Определено, что уплотнение по слоям происходит неравномерно и определяется толщиной снега, температурой и нагрузкой. Размеры ядра уплотнения зависят от размеров штампа. Получена зависимость распределения плотности по глубине уплотнения и определены оптимальные границы высоты набрасываемого слоя снега для получения однородного уплотнения по сечению дороги.

7. Определено, что оптимальной температурой для получения требуемой плотности основания и дорожного полотна при увлажнении, перемешивании и формировании снегового покрова является диапазон от минус одного до минус четырех градусов Цельсия.

8. Результаты промышленного эксперимента позволили установить, что увеличение плотности снега в случае использования пневмокатка достигается несколькими проходами, причем число проходов тем меньше, чем выше влажность снега. Увлажнение до 28% позволяет получить необходимую плотность снега в среднем за три прохода при нагрузке до $q=0,20$ кПа.

9. Экспериментальными исследованиями выявлено, что экономически целесообразно в условиях отсутствия воды использование тепловых машин.

10. Установлены типичные нагрузки транспортных средств на дорожное покрытие при вывозке плетей трубы диаметром до 1420 мм.

11. Разработаны конструкции навесных оборудований и машин, позволяющие создавать дорожное полотно из снежоледового материала в различных климатических зонах строительства как при недостатке, так и при избытке снегового покрова.

12. Экспериментально определены технологические параметры растапливания и уплотнения снега для конкретных типов машин (толщина набрасываемого слоя снега, количество проходов катка, величина давления катка на снег и т.д.), что легло в основу программы автоматизированного расчета дороги «Road».

13. Получено выражение для определения теплового напора теплоизоляции на снежное волокно.

14. Разработаны и испытаны в лабораторных и натуральных условиях машины для растепления и уплотнения снега при строительстве снеговых дорог. Разработана и изготовлена опытная партия снегоуплотняющих катков с регулируемым давлением на снег.

Основное результаты исследований опубликованы в следующих работах:

1. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Иванов А.А. Определение тенденции развития машин для улаживания и уплотнения снега методом анализа динамики патентования. / СС "Совершенствование эксплуатации строительных машин и автомобильной техники в условиях Западной Сибири". Тюмень: рук. деп. в ЦБНТИ Миннавтотранса N 596-AT88, 1987.

2. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Иванов А.А. Возведение снеговых дорог при строительстве нефтегазопроводов в тундре. // Тез. докл. межвуз. сб. тр. "Проблемы освоения нефтегазовых ресурсов Западной Сибири". - Тюмень: ТюмИИ, 1987.

3. Карнаухов Н.Н., Дорошенко И.Г., Мерданов Ш.М. и др. Устройство для уплотнения снега на дорогах. АС 1350234 СССР. Бюл. N41, опублик. 07.11.87.

4. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М. Строительство вдольтрассовых и подъездных дорог из снегольда. // Сб. "Строительство магистральных трубопроводов", N 14, -М.: 1988.

5. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Вантик В.К. и др. Устройство для уплотнения снега. Описание изобр. к АС 1461815, Бюл. 8, опублик. 28.2.89.

6. Карнаухов Н.Н., Иванов А.А., Мерданов Ш.М. Термовибрационная машина для уплотнения снега. Описание изобретения к АС 1452879, Бюл. 3, опублик. 23.01.89.

7. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М. Каток для уплотнения снега при строительстве снеговых дорог. // Тез. докл. регион. научн.-техн. конф. "Эксплуатация машин в суровых условиях". - Тюмень, 1989.

8. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М. Рациональные режимы уплотнения снега. // Тез. докл. II Всесоюзной научн. конф. «Нефть и газ Западной Сибири». - Тюмень, ТюмИИ: 1989.

9. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М. Механизация строительства дорог из уплотненного снега. - Тюмень: 1989. - 78 с.

10. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Шмелев Л.И. Технология механизированного возведения снеговых дорог в тундре. // Тез. докл.