

Академия наук СССР
Сибирское отделение
Институт горного дела

На правах рукописи
Для служебного пользования

экз. №

0 0055 *

Аспирант АФАНАСЬЕВ Владимир Емельянович

**Обоснование параметров и разработка
упорного устройства машины для
проходки скважин в грунте**

Специальность 05.05.04—«Дорожные и строительные машины»

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г. НОВОСИБИРСК — 1990 г.

Юрию Петровичу
Самодурову
с уважением,
19.04.90

Работа выполнена в Институте горного дела СО АН СССР

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

- доктор технических наук,
профессор,
ЧАЙКОВСКИЙ Эрнест Гилариевич

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

- доктор технических наук,
СМОЛЯНИЦКИЙ Борис Николаевич

- кандидат технических наук,
СЫРЯМИН Юрий Николаевич

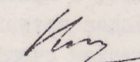
ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

- Красноярский ВНИИстройдормаш

Защита состоится "_____" _____ 199__ г. в _____ часов
на заседании специализированного совета Д 003.17.03 Института
горного дела СО АН СССР (630091, г.Новосибирск, Красный про-
спект, 54).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
горного дела СО АН СССР.

Ученый секретарь
специализированного совета
к.т.н.

 О.Б.Кортелев

Актуальность темы. В настоящее время в строительстве все острее ставятся задачи дальнейшего развития бестраншейных способов проходки скважин в грунтах. Это вызвано тем, что ежесуточный прирост трубопроводов составляет около 55 км, значительная часть которых представлена в виде подземных коммуникаций.

Известные устройства, такие как пневмопробойники и устройства для раскатки обладают рядом достоинств при проходке скважин в грунтах с определенными физико-механическими характеристиками. Вместе с тем они не могут быть использованы при проходке скважин во влажных и неустойчивых грунтах, не обеспечивающих надежного сцепления устройства со стенками скважины. Кроме того, для пневмопробойников характерен шум в процессе работы, потеря энергии на упругую деформацию грунта; для раскатывающих устройств – попадание грунта между вращающимися катками.

Известны силовые устройства и приспособления, в которых в качестве рабочего тела используются сплавы, способные развивать высокие удельные мощности при проявлении термомеханической памяти формы – превращения мартенситного типа с одновременными фазовыми и деформационными процессами. Использование новых материалов, способных генерировать значительные усилия при малых размерах, позволяет создавать качественно новые типы приводов прессов, домкратов и пр.

Одним из таких устройств является мартенситный привод, созданный И.М.Кондраковым к машине для проходки скважин методом прокола и работающий по принципу циклического продвижения с попередным закреплением хвостовой и головной части. К достоинствам разработанного привода движителя относятся высокая удельная мощность, экономичность, бесшумность и надежность в работе.

После разработки, изготовления и успешного испытания указанного привода актуальной представляется задача по разработке и созданию надежного распорно-фиксирующего механизма, способного воспринимать реактивные усилия, возникающие при проколе скважины. Необходимость такой разработки вызвана тем обстоятельством, что созданный И.М.Кондраковым мартенситный привод не может быть использован в распорно-фиксирующем механизме (упорном устройстве) по целому ряду причин, в частности из-за больших размеров и принципиального

конструктивного решения.

Цель работы. Разработка и создание упорного устройства с мартенситным приводом к машинам для проходки скважин в грунте.

Идея работы заключается в использовании материала с термомеханической памятью формы для создания упорного устройства с новым типом привода.

Задачи исследований:

- обоснование и разработка принципиальной схемы упорного устройства с мартенситным приводом;
- экспериментальное исследование рабочего процесса мартенситного привода;
- обоснование рациональных технических параметров и разработка методики инженерного расчета упорного устройства с мартенситным приводом;
- проверка работоспособности упорного устройства с мартенситным приводом в натурных условиях в составе машины для проходки скважин в грунте.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались такие методы научных исследований, как: аналитический обзор существующего опыта, экспериментальные исследования разработанного упорного устройства и его мартенситного привода; проверка работоспособности упорного устройства в лабораторных и натурных условиях; научное обобщение и анализ экспериментальных данных.

Научные положения, выносимые на защиту:

- новая принципиальная схема мартенситного привода в виде набора пластин из материала с термомеханической памятью формы, выраженной в изгибе;
- функциональные зависимости деформационно-силовых характеристик мартенситного привода от его конструктивных параметров и режимов работы;
- области рациональных значений таких основных деформационно-силовых характеристик силовых элементов мартенситного привода как: безразмерные коэффициенты ξ_R и $\xi_{\Delta L}$, выражающие соответственно отношение текущего значения генерируемого усилия P_c и величины хода ΔL к максимально возможным значениям указанных параметров, и которые находятся в пределах 0,6...0,72;
- методика инженерного расчета основных конструктивных и техниче-

ских параметров упорного устройства и его мартенситного привода.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается достаточным объемом статистических данных; аналитическими и экспериментальными исследованиями упорного устройства и его мартенситного привода в лабораторных и натурных условиях; использованием современной регистрирующей аппаратуры и удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, в также работоспособностью экспериментального образца.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

- разработан принципиально новый мартенситный привод в виде набора пластин из материала с термомеханической памятью формы, выраженной в изгибе, концы которых закреплены в двух фиксаторах;
- установлен оптимальный режим предварительной обработки силовых элементов мартенситного привода по критериям значений генерируемого ими усилия и удельной работоспособности при заданной величине хода;
- определены области рациональных значений основных деформационно-силовых характеристик силовых элементов разработанного мартенситного привода;
- установлена взаимосвязь конструктивных и технических параметров привода с режимами работы;
- разработана инженерная методика расчета основных параметров упорного устройства с мартенситным приводом;
- работоспособность упорного устройства доказана испытаниями в натурных условиях при проколе скважины.

Личный вклад автора состоит в разработке принципиальной и конструктивной схемы упорного устройства и его мартенситного привода; в экспериментальном исследовании динамики рабочего процесса последнего и в получении зависимостей деформационно-силовых характеристик привода от его конструктивных параметров и режимов работы; в конструировании опытного образца мартенситного привода и всего упорного устройства с мартенситным приводом; а также в проведении лабораторных и натурных испытаний.

Практическая ценность работы заключается в разработке и создании упорного устройства с мартенситным приводом, проверке работоспособности упорного устройства в натурных условиях в составе машины для проходки скважин в грунте при проколе скважины и разра-

ботке, на основе результатов исследования, методики инженерного расчета упорного устройства с мартенситным приводом.

Реализация результатов работы. Результаты исследований легли в основу экспериментальной модели упорного устройства с мартенситным приводом для машины, осуществляющей проходку скважины на принципе циклического продвижения методом прокола с диаметром рабочего органа 130 мм.

Апробация работы. Основные положения диссертации, а также отдельные ее результаты докладывались и обсуждались на семинаре лаборатории АГМ ИГД СО АН СССР (г. Новосибирск, 1989 г.), на научно-техническом совете института "Гидропроект" ВСО (г. Красноярск, 1989 г.), на научных семинарах кафедр Городских инженерных сооружений и фундаментов и Строительно-дорожных машин в инженерно-строительном институте (г. Красноярск, 1990 г.), на семинаре в институте Угля (г. Кемерово, 1990 г.), на научном семинаре кафедры Строительно-дорожных машин в автомобильно-дорожном институте (г. Омск, 1990), на научно-техническом совете в Республиканском инженерно-техническом центре по восстановлению и упрочнению деталей машин и механизмов (г. Томск, 1990 г.), а также на семинаре в Красноярском филиале ВНИИстройдормаш (г. Красноярск, 1990 г.).

Публикация. По результатам исследований опубликована 1 статья, репринт, 2 статьи приняты к печати, получено 7 авторских свидетельств и 7 положительных решений по заявкам на изобретение.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из 5 глав, изложена на 98 страницах машинописного текста, содержит 6 таблиц, 59 рисунков, список литературных источников из 74 наименований на 7 страницах и приложения на 8 листах.

В первой главе представлены анализ упорных приспособлений современных устройств для образования скважин в грунте, их сравнение и критические оценки.

Вопросам проходки горизонтальных скважин в грунте различными способами посвящены работы Б.В.Суднишникова, А.Д.Костылева, К.К.Тупицына, К.С.Гуркова, В.В.Каменского, В.Д.Плавских, Н.П.Чепурного, Х.Б.Ткача, Е.Н.Чередникова, В.К.Свирищевского, А.С.Вазетдинова, В.М.Минаева, Г.Н.Пестова, Н.В.Васильева и др.

Проведенный анализ показал, что такие известные устройства, как пневмопробойники и устройства для раскатки, являющиеся в настоящее время наиболее совершенными самоходными машинами, не имеют специальных упорных приспособлений, которые можно было бы применить в машине, осуществляющей проходку методом посочередного закрепления хвостовой и головной части.

Анализ упорных приспособлений, известных из научно-технической литературы, самоходных грунтопрокалывающих машин, образующих скважину аналогичным методом выявил, что практически ни одна из данных конструкций не была реализована на практике, а принципиальные схемы приводов, которые предлагаются в рассматриваемых упорных устройствах, имеют ряд существенных недостатков, которые отмечены в работе. Ввиду этого был проведен анализ отдельных подсистем упорных приспособлений указанных машин по сформулированным в работе критериям. В результате такого анализа в качестве редуктора была выбрана система М-образных рычагов, а в качестве упоров или упорных элементов – радиально выдвигаемые упорные плиты и плоские лепестки. Отмеченные обстоятельства позволили сформулировать задачу по разработке и созданию нового привода распорно-фиксирующего устройства из того же материала, что и для привода движителя – из сплава с термомеханической памятью формы.

Вопросам физической природы термомеханической памяти формы, особенностям ее проявления и практического использования посвящены работы многих исследователей: В.А.Лихачева, В.Н.Хачина, И.Н.Корнилова, О.К.Белюсова, С.Л.Кузьмина и др. Известны работы, в которых ставится вопрос и используются различные подходы к созданию инженерной методики расчета приводов из материалов, обладающих термомеханической памятью формы, в частности, работы В.А.Лихачева, В.Н.Хачина, И.М.Кондракова. Принципиальные отличия разрабатываемого привода распорно-фиксирующего механизма от известных приводов различного фун-

кционального назначения не позволяют в полной мере использовать известные методики для расчета его основных конструктивных и технических параметров.

Отмеченные обстоятельства определили круг задач, решение которых необходимо для достижения поставленной цели.

Вторая глава посвящена выбору и обоснованию принципиальной схемы распорно-фиксирующего (или упорного) устройства с мартенситным приводом, в котором в качестве рабочего тела используется сплав с термомеханической памятью формы.

С этой целью был проведен сравнительный анализ конструктивных схем упорных устройств с мартенситными приводами: ранее известных и разработанных при личном участии автора.

В результате анализа основных подсистем упорного устройства, таких как: упоры, силовые элементы, редукторы и герметизирующие элементы, были обоснованы и выбраны два варианта компоновки.

Первый вариант (рис.1) предполагает размещение упора 1 у одного из торцов корпуса на расстоянии, необходимом для размещения радиальной пазухи 2, служащей для установки эластичной гофрированной мембраны 3, которая одним концом закреплена по периметру прорези 4 корпуса, а другим – по периметру упора 1 под его заостренным концом. Основание упора 1 может быть связано с редуктором 5, показанным условно, который должен быть соединен с подвижным фиксатором мартенситного привода 6.

Второй вариант (рис.2) отличается тем, что мартенситные приводы 1 расположены коаксиально корпусу и через систему М-образных рычагов 2, снабженных шарнирами 3, связаны с коробчатыми упорами 4, также снабженными герметизирующей эластичной мембраной.

Оба варианта предусматривают использовать один и тот же тип мартенситного привода, силовые элементы которого изготовлены в виде пластин, имеют термомеханическую память формы, выраженную в изгибе, собраны в полисистему при помощи фиксаторов, жестко защемяющих их концы, и соединены последовательно в единую электрическую цепь. При нагреве силовые элементы мартенситного привода "вспоминают" "горячую форму" и распрямляются, увеличивая радиус своего изгиба, что позволяет получать требуемое усилие P_c и величину хода ΔL , необходимые для внедрения упоров в стенку скважины. Для возврата в исходное положение необходимо запасти часть генерируемого усилия

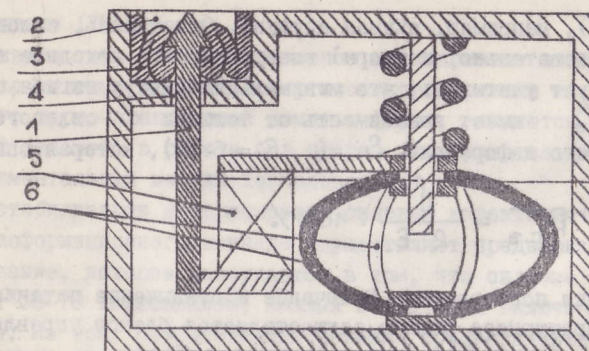


Рис. 1. Конструктивная схема упорного устройства с упорами в виде лепестков.

1 – упор в виде лепестка; 2 – радиальная пазуха; 3 – эластичная гофрированная мембрана; 4 – радиальная прорезь; 5 – редуктор; 6 – мартенситный привод выдвигания упора.

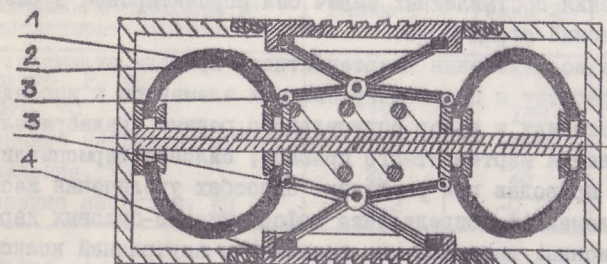


Рис. 2. Конструктивная схема упорного устройства с коробчатыми упорами.

1 – мартенситный привод выдвигания упоров; 2 – система рычагов; 3 – шарниры; 4 – коробчатые упоры.

(15+25% от P_0), например, сжимая пружину. Охлаждаясь, силовые элементы (а, следовательно, и упоры) возвращаются в исходное положение. При этом следует учитывать, что минимальный радиус изгиба силового элемента $R_{с.э.}^{min}$ имеет зависимость от толщины δ силового элемента и степени его деформации ε ($\varepsilon = 6+8\%$), которая описывается как

$$R_{с.э.}^{min} = \frac{\delta}{2 \cdot \varepsilon} \cdot 100\% \quad (I)$$

Далее цикл повторяется. Включение и отключение питания, регулирование температурного режима осуществляется блоком управления, термочувствительный элемент которого выполнен из того же материала, что и силовые элементы мартенситного привода.

В третьей главе приведены методика и результаты исследований рабочего цикла мартенситного привода.

Экспериментальные исследования мартенситного привода проводились с целью изучения и оценки его работы, выявления основных закономерностей рабочего процесса, определения рациональных значений параметров, необходимых для расчета его конструктивных, технических и энергетических показателей.

Для решения поставленных задач был спроектирован и разработан исследовательский стенд ИС-3.

Методика исследования мартенситного привода включала: предварительную обработку и подготовку силовых элементов к исследованию; разработку методики и выбор оптимального режима предварительного термоциклирования мартенситного привода; силовое термоциклирование мартенситных приводов при различных способах увеличения жесткости их силовых элементов; определение деформационно-силовых характеристик двухсекционных мартенситных приводов с внутренней коаксиальной секцией и мартенситных приводов с П-образными силовыми элементами; исследование термоцикла мартенситного привода; проверку работоспособности в натурных условиях.

Для регистрации исследуемых параметров использовалась современная регистрирующая аппаратура и специально изготовленные приспособления. Результаты экспериментов обрабатывались статистическими методами, представлялись в виде таблиц, графиков и расчетов.

В качестве материалов силовых элементов был выбран сплав -

10

никелид титана (ТН-1).

В связи с тем, что аналитическое исследование динамики рабочего процесса силовых элементов мартенситного привода из материала, обладающего термомеханической памятью формы, является сложной математической задачей, в работе был принят экспериментальный и аналитико-экспериментальный методы исследования.

Для стабилизации деформационно-силовых характеристик путем фазового и деформационного наклепа осуществляют предварительное термоциклирование, которое заключается в том, что силовые элементы подвергают 50-70 термоциклам, каждый из которых включает нагрев и охлаждение. Из трех разработанных режимов предварительного термоциклирования, параметры которых приведены в табл. I, наиболее эффективным является режим № I, так как мартенситный привод, подвергнутый термоциклированию по этому режиму обладает максимальной величиной хода ΔL после 100 термоциклов (рис. 3), а также наибольшим значением генерируемого усилия P_0 (рис. 4) и удельной работоспособности $A_{уд}$ (рис. 5) в зависимости от величины хода ΔL мартенситного привода.

Таблица I

№№	Наименование операций и их последовательность	Режим I	Режим 2	Режим 3
1.	Нагрузка, Р, кН	-	+0,9	+0,9
2.	Нагрев, °С	170	185	185
3.	Изменение нагрузки, кН	+1,2	+0,3	-0,9
4.	Охлаждение, °С	25	25	25
5.	Изменение нагрузки, кН	-1,2	-0,3	+0,9

Значение $A_{уд}$ рассчитывалось по формуле:

$$A_{уд} = \frac{P \cdot \Delta L}{V}, \quad (2)$$

где V - объем материала силовых элементов с термомеханической памятью формы.

Силовое термоциклирование разработанных мартенситных приводов при различных способах увеличения жесткости их силовых элементов показали, что наиболее эффективным является мартенситный привод с дополнительной внутренней коаксиальной секцией силовых элементов,

II

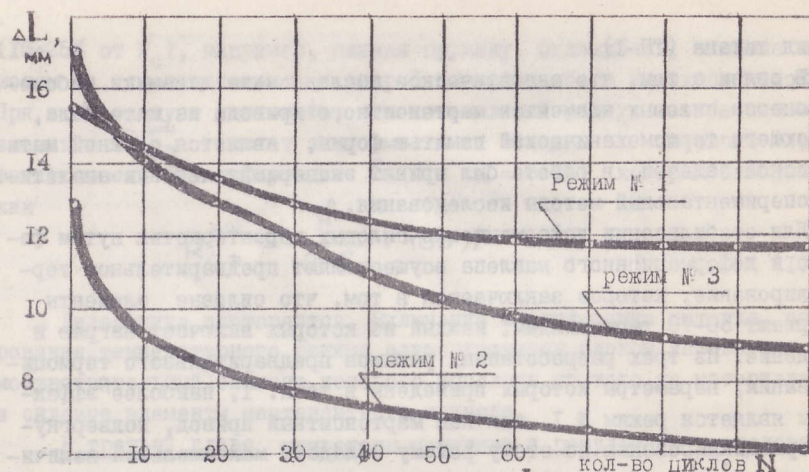


Рис. 3. Зависимость величины хода ΔL мартенситного привода от количества циклов N .

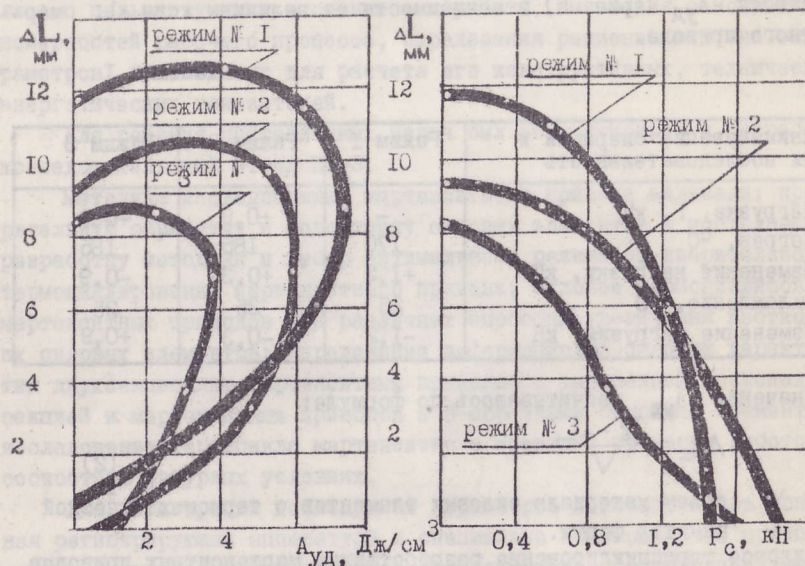


Рис. 4. Зависимость величины хода ΔL мартенситного привода от удельной работоспособности $A_{уд}$.

Рис. 5. Зависимость величины хода мартенситного привода от генерируемого усилия P_c .

которая обладает наибольшим значением величины хода ΔL и максимальным значением $A_{уд}$ при заданном значении генерируемого усилия P_c .

Для дальнейшего улучшения этих параметров была разработана схема мартенситного привода, у которого силовые элементы имеют П-образную форму (в отличие от силовых элементов с постоянным радиусом изгиба у предыдущих схем), что позволило уменьшить плечо силового элемента относительно его вертикальной оси и обеспечило более равномерную работу всех участков силового элемента при изменении его формы.

Исследование деформационно-силовых характеристик различных схем мартенситных приводов позволило определить области рациональных границ оптимальных значений таких параметров, как безразмерные коэффициенты $\xi_{\Delta L}$ и ξ_{P_c} , выражающие соответственно отношение текущего значения величины хода ΔL и генерируемого усилия P_c к их максимально возможному значению, то есть:

$$\xi_{\Delta L} = \frac{\Delta L_i}{\Delta L_{\max}} \quad \text{и} \quad \xi_{P_c} = \frac{P_c^i}{P_c^{\max}} \quad (3)$$

Для этого в одной системе координат были построены зависимости $\xi_{\Delta L} = f(\Delta L)$ и $\xi_{P_c} = f(P_c)$, а также $\xi_{\Delta L} = f(P_c)$ и $\xi_{P_c} = f(\Delta L)$. Пересечение кривых для наиболее эффективных схем мартенситных приводов позволили установить, что области рациональных значений безразмерных коэффициентов $\xi_{\Delta L}$ и ξ_{P_c} находятся в пределах 0,6...0,72, величины хода ΔL — 10...20 мм, а генерируемых усилий P_c — 0,6...1,0 кН.

Рабочий цикл мартенситного привода включает нагрев и охлаждение. Его продолжительность зависит от скоростей нагрева и охлаждения, которые в свою очередь зависят от величины потребляемой приводом мощности и способа охлаждения. Экспериментами было установлено, что охлаждение силовых элементов жидкостью позволяет доводить его скорость до скорости нагрева — 4-6 сек, что обеспечивает скорость проходки до 10,8 м/ч при условии специальной разработки такой системы охлаждения.

Для подтверждения возможности применения разработанного мартенситного привода для работы в упорном устройстве, кроме лабораторных исследований необходимы также исследования и испытания в натурных условиях.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований и натурных испытаний упорного устройства.

Методика исследований заключалась в определении несущей способности упорных устройств с лепестковыми и коробчатыми упорами, а также в установлении величины необходимых усилий внедрения лепестковых и коробчатых упоров в стенку скважины.

Целью указанных исследований был выбор наиболее эффективной схемы упорного устройства по критериям: величины осевого смещения (отдачи) при восприятии реакции от усилия прокола; величины усилия, необходимого для внедрения упоров в стенку скважины на заданную величину хода; значения величины хода упоров для обеспечения необходимой несущей способности упорного устройства.

Отмеченные сравнительные характеристики исследуемых упорных устройств приведены в табл. 2.

Таблица 2

№	Критерии выбора	Схема упорного устройства	
		с лепестковыми упорами	с коробчатыми упорами
1.	Несущая способность, кН	12,7	12,7
2.	Осевое смещение при обеспечении данной несущей способности, мм	22	8
3.	Усилие внедрения одного упора на полную величину хода, кН	0,9	2,8
4.	Величина хода упора (величина внедрения в стенку скважины), мм	60	5

Макеты упорных устройств погружались в заранее подготовленную скважину со стороны приемного котлована, после чего винтовым домкратом со стороны рабочего котлована через осевую штангу создавалось усилие, имитирующее реактивное усилие прокола.

Анализ параметров альтернативных устройств, приведенный в табл. 2 позволяет выделить конструкцию с коробчатыми упорами, так как она обладает значительно меньшей отдачей, чем устройство с лепестковыми упорами при восприятии одинакового усилия. Кроме того, разработаный мартенситный привод более эффективен при работе в режиме генерации усилий, близких к минимальным. Отсюда следует, что более оп-

тимальным является внедрение коробчатого упора в стенку скважины на небольшую глубину, чем лепесткового. Расчет показывает, что для внедрения лепесткового упора в стенку скважины на 60 мм с усилием 0,9 кН требуется условный мартенситный привод с удельной работоспособностью $A_{уд} = 100\% = A_{уд}^{max}$, а для внедрения коробчатого упора в стенку скважины на 5 мм с усилием 2,8 кН требуется привод с $A_{уд} = 69\%$ от $A_{уд}^{max}$ при равных объемах рабочего тела силовых элементов.

В итоге, окончательно было выбрано упорное устройство с коробчатыми упорами, изображенное на рис. 8, а на рис. 9 показан один из его мартенситных приводов.

Испытания разработанного упорного устройства при проколе скважины доказали его работоспособность и дали хорошее соответствие экспериментальных данных с расчетными, что отражено в акте полевых испытаний.

Испытания также позволили установить, что рабочий орган диаметром 130 мм при диаметре остального корпуса машины в 120 мм способен выполнять функцию головного упорного устройства, то есть обеспечивать условия для подтягивания хвостовой части машины при работе, исключая режим реверса.

В пятой главе приведена методика инженерного расчета основных конструктивных и технических параметров упорного устройства с мартенситным приводом.

Исходными данными для расчета являются: усилие прокола скважины P_c и физико-механические свойства грунта: ρ - плотность, ν - коэффициент Пуассона, c - сцепление, φ - угол внутреннего трения и др., а также глубина проходки h .

Несущая способность упорного устройства $F_{ум}$ должна удовлетворять условию:

$$F_{ум} \geq P_c \quad (4)$$

Для расчета значения $F_{ум}$, работу упорного устройства (модуля) можно отождествить с работой висячей сваи, так как аналогия очевидна. Несущая способность таких свай (а значит и упорного модуля) складывается из несущих способностей по боковой поверхности F_0 и по торцам упоров F_T (под основанием сваи)

$$F_{ум} = F_0 + F_T \quad (5)$$

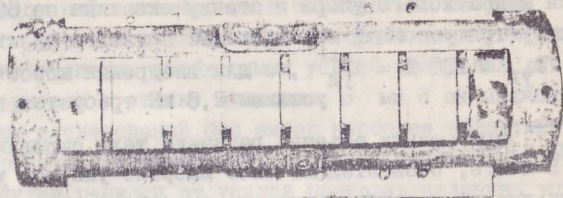


Рис. 6. Упорное устройство с коробчатыми упорами

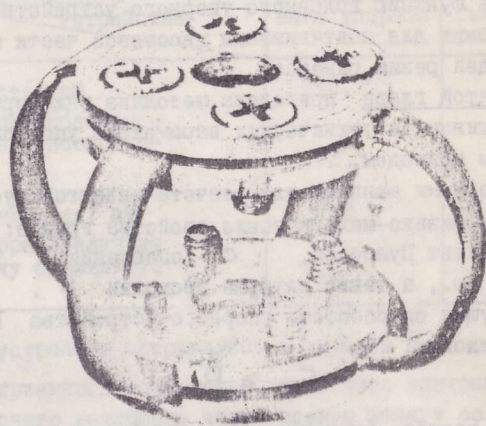


Рис. 7. Мартенситный привод упорного устройства

Несущая способность по боковой поверхности находится как

$$F_0 = S_0 \cdot \tau_{cp} = P_c, \quad (6)$$

где S_0 - площадь боковой поверхности упоров;

$$\tau_{cp} = c + \sigma_h \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (7)$$

где σ_h - сжимающая нагрузка на упоры, обусловленная внедрением их в стенку скважины.

$$\sigma_h = \mu \cdot g \cdot g \cdot h. \quad (8)$$

где $\mu = \frac{2}{1-\nu}$, а g - 9,8 м/сек²

Ввиду того, что упор осуществляется в зоне максимального уплотнения грунта о стенки скважин, где грунт подвергался уплотнению при проколе, значения c и φ будут иными, чем для грунта в естественном состоянии, и определить которые можно, используя оригинальную методику А.Д.Костылева (Пневмопробойники в строительстве. Новосибирск: "Наука", СО, 1987, 141 с).

Несущая способность торцов упоров (см. рис. 10) определяется по стандартной методике, применяемой для расчета несущей способности под основанием свай:

$$F_T = S \cdot R, \quad (9)$$

где S - суммарная площадь торцов упоров S_T и площадь торцов выступов S_T (рис. 8);

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай (табл. I СНиП 2.02.03.85), исходя из значений глубины проходки и физико-механических свойств грунта.

Если

$$\frac{F_T}{F_0} = \theta, \quad (10)$$

то

$$P_c (1 - \theta) \leq F_{ум} \leq P_c (1 + \theta). \quad (11)$$

Усилие внедрения упоров в стенку скважины $P_c^{уп}$ можно найти по формуле Вазетдинова:

$$P_c^{уп} = \frac{\sigma_{упл} \cdot S}{n}, \quad (12)$$

где $\sigma_{уп}$ - удельное сопротивление грунта уплотнению;
 n - пористость грунта стенок скважины.

Деформационно-силовые характеристики мартенситного привода определяются экспериментально, так как методика их расчета в настоящее время отсутствует. Диаметры фиксатора D_{ϕ} , осевой штанги $D_{шт}$ и зазоры z_1 , z_2 и z_3 (рис. 9, 10) определяются конструктивно.

Количество силовых элементов в мартенситном приводе можно определить как

$$n_{с.э.} = \frac{2\pi \cdot R^*}{b + z_3}, \quad (I3)$$

где b - ширина силового элемента;

$$R^* = \frac{D_{шт}}{2} + z_2.$$

Количество мартенситных приводов рассчитывается как

$$n_{мп} = \frac{P_{с}^{уп} \cdot n_{уп}}{P_{с}^{мп} \cdot \Delta L_{уп} / \sum \Delta L_{мп}}, \quad (I4)$$

где $n_{уп}$ - количество упоров;

$P_{с}^{мп}$ - усилие, генерируемое мартенситным приводом при заданном значении величины его хода ΔL ;

$\Delta L_{уп}$ - величина внедрения упоров в стенку скважины;

$\sum \Delta L_{мп}$ - необходимая сумма величин хода мартенситных приводов.

В работе также рассмотрены области возможного применения, к которым можно отнести, в первую очередь, пакеровку скважины, безвзрывную технологию отбойки горной породы, робототехнику и др.

Основные перспективные направления дальнейших исследований связаны с совершенствованием самого упорного устройства, так и его мартенситного привода для обеспечения необходимого упора в грунтах с различными физико-механическими характеристиками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В диссертационной работе дано решение актуальной научно-технической задачи создания экспериментального образца упорного устройства с мартенситным приводом.

Основные научные и практические результаты заключаются в следующем:

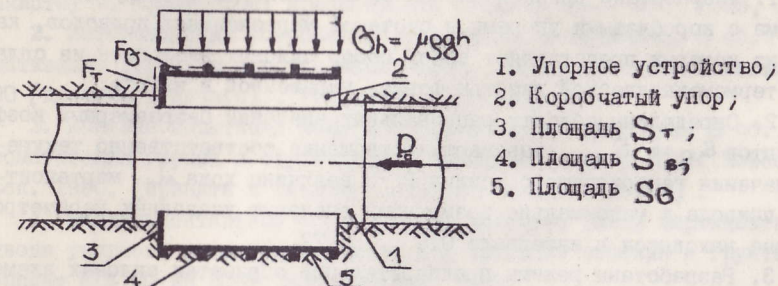


Рис. 8. Расчетная схема определения несущей способности упорного устройства.

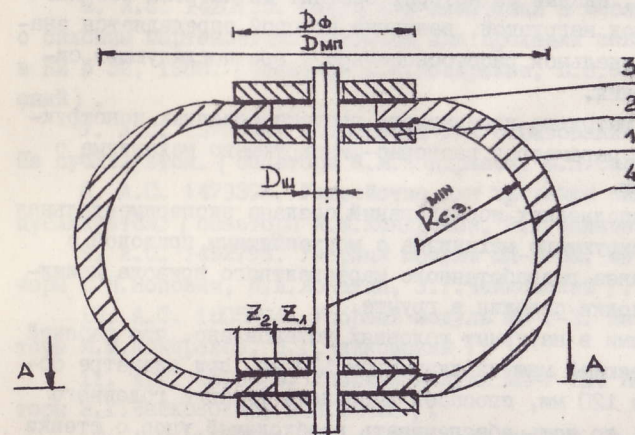


Рис. 9. Продольный разрез мартенситного привода. 1 - силовые элементы; 2 - фиксаторы; 3 - электроизоляционные прокладки; 4 - направляющая ось (штанга).

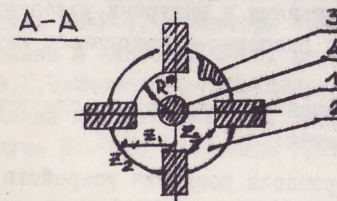


Рис. 10. Поперечный разрез по А-А мартенситного привода. 1 - силовые элементы; 2 - фиксатор; 3 - электроизоляционная прокладка; 4 - направляющая ось (штанга).

1. Разработана принципиальная схема распорно-фиксирующего механизма с коробчатыми упорами и системой мартенситных приводов, каждый из которых представляет собой набор силовых элементов из сплава с термомеханической памятью формы, выраженной в изгибе.

2. Определены области рациональных значений безразмерных коэффициентов ξ_R и $\xi_{\Delta L}$, выражающих отношение соответственно текущего значения генерируемого усилия P_c и величины хода ΔL мартенситного привода к максимально возможному значению указанных параметров, которые находятся в интервале 0,6 ... 0,72.

3. Разработаны режимы предварительной обработки силовых элементов мартенситного привода и выбран по сформулированным в работе критериям наиболее оптимальный, представляющий собой минимум 50-70 циклов термострессинга, каждый из которых состоит из нагрева без нагрузки и охлаждения под нагрузкой, величина которой определяется значением максимальной удельной работоспособности при последующем силовом термоциклировании.

4. Разработана методика инженерного расчета основных конструктивных и технических параметров распорно-фиксирующего механизма с мартенситным приводом.

5. На основе выполненных исследований создана экспериментальная модель распорно-фиксирующего механизма с мартенситным приводом с учетом параметров ранее разработанного мартенситного привода движителя машины для проходки скважин в грунте.

6. Исследованиями в натурных условиях установлено, что рабочий орган грунтопрокалывающей машины диаметром 130 мм, при диаметре остальной части машины 120 мм, способен выполнять функцию головного упорного устройства, то есть обеспечивать необходимый упор о стенки скважины для подтягивания хвостовой части машины при работе в легких супесях.

7. Экспериментальными испытаниями в натурных условиях показана работоспособность разработанного распорно-фиксирующего механизма.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Функциональный анализ процесса развития устройств для бестраншейной прокладки трубопроводов. /Тезисы докладов краевой научно-практической конференции "Молодые ученые и специалисты - народному

хозяйству"-. Красноярск: Красноярский краевой совет НТО, 1985, с.41.

2. Автоматизация устройств с мартенситным приводом. В сб.: Автоматизация горных и строительных машин. ИГД СО АН СССР. Новосибирск. 1990 (принята к печати), (соавторы И.М.Кондраков).

3. Полевые испытания машины с мартенситным приводом. В сб.: Автоматизация горных и строительных машин. ИГД СО АН СССР. Новосибирск. 1990. (принята к печати). (соавтор И.М.Кондраков).

4. Экспериментальное исследование рабочего цикла мартенситного привода упорного устройства машины для проходки скважин в грунте. Препринт ИГД СО АН СССР, Новосибирск, 1990.

5. А.С. 1371068. Упорное устройство. Не публикуется. (соавторы Ю.П.Саламатов, И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский).

6. А.С. 1420125. Стенд для испытания и исследования устройств с силовым мартенситным приводом для проходки скважин в грунте. Опубл. в БИ № 32, 1988. (соавторы И.М.Кондраков, Ю.П.Саламатов, Э.Г.Чайковский).

7. А.С. 1376646. Устройство для образования скважин в грунте. Не публикуется. (соавторы И.М.Кондраков, Ю.П.Саламатов).

8. А.С. 1479398. Устройство для проходки скважин в грунте. Не публикуется. (соавторы И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский, В.Н.Хачин).

9. А.С. 1492796. Упорный модуль МП-Р-5Ш. Не публикуется. (соавторы С.Н.Попович, И.А.Лопатин, Э.Г.Чайковский).

10. А.С. 1505094. Упорный модуль МП-Р-3. Не публикуется. (соавторы И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский).

11. А.С. 1508625. Упорный модуль МП-Р-7Д. Не публикуется. (соавторы Э.Г.Чайковский, В.Н.Хачин).

12. А.С. 1532671. Упорный модуль МП-Р-6. Опубл. в БИ № 48, 1989. (соавторы И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский, В.Н.Хачин).

13. Заявка № 4308242/23-03, решение о выдаче а.с. от 26.10.88. Упорный модуль МП-Р-4. (соавторы И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский).

14. Заявка № 4493599/23-03, решение о выдаче а.с. от 20.04.89. (соавторы Э.Г.Чайковский, И.М.Кондраков, Ю.П.Саламатов).

15. Заявка № 4611490/23-03, решение о выдаче а.с. от 01.12.88. Упорный модуль МП-Р-9. (соавторы В.Н.Хачин, И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский).

16. Заявка № 4647806, решение о выдаче а.с. от 21.08.89. Упорный модуль МП-Р-10. (соавторы В.Н.Хачин, Э.Г.Чайковский, И.М.Кондраков).

17. Заявка № 4691203/23-03, решение о выдаче а.с. от 22.11.89. Упорный модуль МП-К-1. (соавторы И.М.Кондраков, Э.Г.Чайковский).