

**ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ БАРОВЫХ МАШИН,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

О. Д. АЛИМОВ

В последние годы для предварительного рыхления мерзлого грунта в практике строительных организаций широкое применение начинают получать так называемые баровые установки. Баровые установки создаются на основе различных самоходных машин, на которых устанавливаются цепные исполнительные органы врубковых машин — бары. Такие установки созданы на тракторах С-80, С-100, ТДТ-60, на базе экскаваторов ЭТН-124, ЭТУ-353 и др. [1—4]. Установки отличаются размерами и режимами работы исполнительных органов, количеством баров, закрепленных на одной машине, устройствами для заводки бара в грунт, мощностью приводов и конструкцией промежуточных трансмиссий. Баровые машины изготавливаются пока в мастерских различных организаций по предложениям изобретателей. Основанием для их совершенствования в большинстве случаев являются лишь наблюдения за работой отдельных конструкций и предложения рационализаторов.

Землерезные машины работают и испытываются в различных условиях. Поэтому данные о их производительности в большинстве случаев несопоставимы. Это не позволяет достаточно объективно оценить достоинства того или иного конструктивного решения, определить наиболее перспективные варианты машин и направления их совершенствования. Все это определяет необходимость проведения специальных исследований, которые позволили бы оценить качество существующих машин и наметить пути дальнейшего их совершенствования.

Оценку качества машин для резания мерзлых грунтов следует производить прежде всего по фактору производительности земляных работ в сравнении с наиболее распространенными способами (выемка мерзлого грунта отбойными молотками, клиньями, экскаваторами с предварительным прогревом грунта и т. п.).

Резание мерзлых грунтов на блоки или до сплошного измельчения является дополнительной операцией к технологическому процессу, применяемому летом. Необходимость такой дополнительной операции определяется тем, что землеройные машины типа экскаваторов рассчитаны для работы в летнее время и не могут разрабатывать мерзлые грунты без предварительного рыхления.

Предварительное рыхление мерзлых грунтов в большинстве случаев приводит к дополнительным затратам средств и труда. Но в некоторых случаях производительность работ, выполняемых зимой, по сравнению с летними работами может даже увеличиться. Это может

произойти в том случае, если применение новых механизмов позволит значительно повысить производительность операций в существующих технологических процессах, вовсе сократить ряд операций, либо создать новую более прогрессивную технологию. Так например, известно, что применение баровых установок для прорезания щелей в грунте при забивке свай под фундаменты домов позволяет увеличить производительность этих работ [5]. Применение баровых машин позволяет осуществить зимнюю пересадку крупных деревьев, что значительно увеличивает эффективность озеленения городов, по сравнению с летними посадками [6]. Возможны и другие случаи. Поэтому при проведении исследований землерезных машин следует обратить внимание и на изыскание возможностей рационального их применения в различных областях народного хозяйства.

При совершенствовании существующих, создании новых машин для резания мерзлого грунта и разработке методов их применения следует кроме производительности работ учитывать их себестоимость, а также производительность труда рабочих и степень его облегчения.

Для решения проблемы необходимо провести комплексное исследование, которое бы включало:

1. Изыскание наиболее целесообразных технологических процессов ведения земляных работ с помощью баровых машин.
2. Исследование режимов работы баровых исполнительных органов землерезных машин.
3. Исследование различных конструкций баровых установок.

Остановимся на основных задачах и некоторых вопросах методики проведения такого комплексного исследования.

1. Изыскание наиболее целесообразных технологических процессов ведения земляных работ с помощью баровых машин

Первой задачей этих изысканий должно быть определение области возможного применения баровых землерезных машин.

Исследования в этом направлении должны быть начаты с выявления категорий строительных и других работ, где предварительное рыхление грунта (разделение его на блоки, предварительная прорезка щелей и т. п.) может увеличить производительность труда, облегчить труд рабочих, уменьшить затраты средств на проведение работ. Помимо описания технологии ведения этих работ, необходимо собрать данные о их действительной трудоемкости и стоимости, а также об объеме этих работ в народном хозяйстве (трестах, совнархозах, республиках, стране).

Выявленные виды работ следует разбить на группы. Основой классификации может служить технология применения землерезных машин.

Исходя из особенностей каждой группы работ, необходимо сформулировать задачи дальнейших исследований. Очевидно, в этих исследованиях необходимо будет обратить внимание на решение следующих вопросов:

а) выявить возможности отрыва от массива блоков различной величины и формы, необходимые для этого усилия и целесообразные способы их приложения;

б) на основании экономических расчетов обосновать способы применения землерезных машин, параметры исполнительных органов и необходимую производительность;

в) обосновать параметры других машин, работающих в комплексе с землерезными. Для решения поставленных задач разрабатывается методика исследования по данному направлению, учитывающая характер задач и возможности их решения. Методика, видимо, должна включать

теоретические и экспериментальные исследования способов отрыва блоков от массива, а также экономические расчеты производительности машин и стоимости ведения работ различными вариантами. При этом необходимо учитывать производительность не только землерезных машин, но всего комплекса механизмов.

Методика исследований отрыва блоков от массива грунта должна предусматривать следующее.

1. Изучение основных физико-механических свойств мерзлых грунтов, оказывающих влияние на сопротивление их отрыву. При этом следует выявить взаимосвязи, которые могут быть использованы для расчета величины сил, необходимых для отрыва и обоснования целесообразных способов их приложения. Полезно для этого обобщить литературные данные по разрушению грунтов и горных пород. По нашему мнению, для определения усилий при отрыве блоков возможно воспользоваться коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова и известными взаимосвязями этого коэффициента с другими характеристиками пород [7]. Для определения коэффициента крепости грунта следует воспользоваться, в первую очередь, так называемыми ударниками ДорНИИ. Н. А. Зелениным установлена [8] взаимосвязь между характеристиками, определенными методами ДорНИИ, и методом Протодяконова. Хорошо бы найти и более простой «экспресс-метод».

На основании выявленных зависимостей необходимо попытаться предсказать, каких размеров блоки и как лучше отрывать, какие силы при этом потребуются приложить. Эти прогнозы следует проверить и уточнить экспериментальными исследованиями.

2. Обоснование необходимых параметров и конструкций экспериментальной установки.

Для обоснования параметров и принципа действия экспериментальной установки следует учесть требования и пожелания, вытекающие из задач совершенствования технологии земляных работ в зимнее время, необходимые условия для проверки прогнозов.

По нашему мнению, основные опыты следует провести в производственных условиях. В качестве экспериментальных установок можно использовать тракторы и подъемные краны, которые должны быть оборудованы соответствующими динамометрами для определения усилий отрыва блоков. Подходящими для этих целей могут быть и трелевочные тракторы типа ТДТ-75 или ТДТ-40. Для нарезки блоков может применяться любая баровая установка, однако, желательно применять ту же установку, на которой будут исследоваться режимы резания. Это позволит те и другие исследования проводить одновременно и в результате получать сопоставимые данные. Количество опытов должно быть обосновано с учетом точности измерительной аппаратуры и отклонением экспериментальных данных от средних величин, обусловленных неоднородностью грунтов и другими факторами. Опыты следует проводить в наиболее характерных грунтах.

3. При обработке результатов экспериментов должны быть описаны основные наблюдения за процессом отрыва блоков, поведение машин при этом и приведены основные количественные характеристики этих процессов. Результаты опытов следует сводить в таблицы, обычно помещаемые в приложениях. Для выявления взаимосвязей основных параметров отрыва целесообразно построить графики, которые во многом способствуют формулированию и пояснению выводов.

На основании результатов исследования должны быть сделаны предложения, какие схемы нарезки блоков и способы их отрыва следует применять для различных условий и видов работ.

4. Технико-экономическую оценку применения комплекса механизмов.

Сделанные в предыдущем разделе предложения следует проверить путем, например, расчетов производительности труда и стоимости выполнения работ. Лучшим подтверждением правильности высказанных рекомендаций могут явиться результаты, полученные при апробировании и внедрении данных предложений в практику.

Экономический эффект необходимо рассчитывать с учетом всего комплекса машин, применяемых для данного вида работ. Расчеты экономических показателей следует производить по методике, разработанной АН СССР для оценки эффективности новой техники. На основании этих расчетов корректируются сделанные ранее предложения, определяется возможный экономический эффект от их внедрения в практику народного хозяйства, а также намечаются пути дальнейшего совершенствования механизмов и организации работ.

2. Исследование режимов работы баровых исполнительных органов землерезных машин

Необходимость исследования режимов работы исполнительных органов баровых машин определяется следующим положением. В современной технической литературе накоплен значительный материал по результатам исследований режимов работы баровых исполнительных органов врубковых машин при подрубке каменного угля. В последнее время появились работы [9, 10], авторы которых стараются обобщить имеющиеся данные о режимах работы врубковых машин, разрабатывают теорию выбора оптимальных режимов работы и расчета нагрузок на исполнительные органы врубковых машин. Данные этих работ могут быть частично использованы и при расчетах баровых машин, применяемых для резания мерзлых грунтов. Но резание мерзлых грунтов имеет и ряд специфических особенностей, которые следует учитывать. Специфичными для этого случая являются физические свойства мерзлого грунта и изменение их в процессе резания (в результате нагрева), большая абразивность грунтов, вертикальное расположение бара, что оказывает влияние на процесс выноса штыба, и др. Начало исследований этих специфических особенностей было положено работами, проведенными в ЗСФ АН СССР под руководством профессора Г. В. Родионова [11], и другими исследованиями [12, 13]. Однако результаты этих исследований не позволяют достаточно полно ответить на все вопросы, связанные с выбором режимов работы исполнительных органов землерезных установок. Это сдерживает совершенствование землерезных машин. Так, например, большинство машин для резания мерзлых грунтов работает при скоростях движения режущих цепей около 1 м/сек. Эти скорости значительно меньше скорости движения цепи врубковой машины при подрубке угля и существенно ограничивают возможную производительность землерезных машин. Единственный довод, который приводится некоторыми специалистами для обоснования таких низких скоростей резания, заключается в том, что при этом наблюдается наименьший износ резцов. Достаточно данных для подтверждения этого мнения не приводится.

У конструкторов нет также данных о целесообразных сочетаниях скорости перемещения землерезной машины и скорости движения режущей цепи в зависимости от физико-механических свойств мерзлых грунтов, установленной мощности машины, типа исполнительного органа и его размеров.

Для решения всех этих вопросов необходимо обобщить данные

научно-технической литературы по физико-механическим свойствам мерзлых грунтов, по режимам резания грунта и горных пород резцами, по износу резцов, по способам выноса штыба из врубовой щели и их расчету. На основе всего этого можно сделать предварительные рекомендации.

Экспериментальные исследования режимов резания грунтов необходимо провести с учетом основных специфических особенностей этого способа, чтобы выявить возможности улучшения режимов работы.

Основываясь на опыте создания и эксплуатации врубовых машин и учитывая мощности современных тракторов, тягачей, которые могут быть применены для создания баровых машин, исследование режимов работы землерезных машин необходимо провести при изменении их основных параметров в следующих пределах:

Скорость резания от 0,2 до 3,0 — 6,0 м/сек;

Скорость подачи от 0,2 до 3,0 — 4,0 м/мин;

Усилие подачи от 200—300 до 5000—10000 кг;

Глубина врубовой щели от 0,4 до 2,0 м;

Угол наклона бара к горизонту от 20 до 90 град;

Ширина прорезываемой щели 0,12 до 0,6 м.

Для таких исследований можно создать специальную установку или приспособить одну из существующих землерезных машин. Последний вариант позволит избежать значительных затрат средств. В качестве таких установок могут быть использованы УРМГ-60 или установка, созданная кафедрой горных машин ТПИ на базе экскаватора ЭТУ-353. Эти установки имеют удовлетворяющий требованиям диапазон скоростей подачи и движения режущей цепи, гидравлические механизмы для заводки бара. Дополнительно они должны быть снабжены приборами для регистрации основных показателей работы. Замер усилий подачи машин можно осуществлять, регистрируя манометрами давления жидкости в полостях домкрата заводки бара или динамометром, размещенным между баром и шасси трактора.

Для замера усилия и скорости протягивания режущей цепи следует установить устройство для регистрации крутящего момента и скорости вращения трансмиссионного вала, передающего мощность режущей цепи. Наиболее подходящим устройством для этого, по нашему мнению, является редукторный балансирный динамометр. Такой динамометр может быть создан на основе коробки скоростей от автомобиля, которая позволяет, кроме того, дополнительно изменять скорость движения режущей части машины в необходимых диапазонах. Для этого желательно, чтобы коробка скоростей помимо понижающих передач имела бы и ускоряющие. Для выполнения измерений крутящего момента коробку подвешивают на подшипниках качения так, чтобы она могла вращаться вокруг оси, совпадающей с осью первичного и вторичного валов. От вращения коробка удерживается силоизмерительным элементом, по показаниям которого определяют величину крутящего момента. Силоизмерители могут применяться пружинные, гидравлические, тензометрические и т. п.

Коробки скоростей автомобиля имеют устройства для привода вала спидометра. Это устройство можно использовать для привода прибора, регистрирующего скорость движения режущей цепи.

При разработке аппаратуры для регистрации крутящего момента, скорости движения цепи, скорости движения трактора, его тягового усилия целесообразно использовать опыт создания таких приборов для контроля за работой и для испытания автомобилей и других транспортных машин. Необходимо, чтобы приборы обеспечивали надежные показания при различных температурах, в том числе и при сильных морозах.

При проведении опытов по резанию щелей в мерзлых грунтах необходимо соблюдать определенную последовательность. В каждом наиболее характерном грунте прорезаются щели при вертикально расположенном баре, различных режимах резания и при различном затуплении инструмента. Последнее, видимо, можно учитывать при непрерывном проведении опытов, начиная с острых зубков и кончая максимальным их затуплением. Между отдельными опытами замерять износ зубков различных линий резания и фотографировать их. Скорость и усилие подачи, крутящий момент, скорость резания и другие данные замеряются в процессе резания. Для некоторых грунтов надо провести опыты и при разных углах наклона бара для того, чтобы выявить влияние различных сочетаний скоростей резания и подачи, а также влияние различных условий выноса штыба.

Для более подробного изучения процессов выноса штыба из врубной щели следует провести специальные опыты. Для этого можно предварительно прорезанную щель засыпать штыбом и вновь пройти ее при разных наклонах бара и при различных скоростях подачи и резания. Опыты сопровождать замерами мощности и усилий. Возможно провести некоторые из этих исследований и на моделях.

Значительную помощь при анализе результатов исследований может оказать обычная и высокочастотная киносъемка основных процессов.

В задачи исследования операции заводки бара, по нашему мнению, должно входить: а) изучение изменений усилия при врезании (заглублении) бара в грунт; б) определение продолжительности этой операции в зависимости от момента, прикладываемого к бару; в) выявление наиболее целесообразного способа удаления штыба; г) исследование устойчивости баровой установки при заводке бара.

В результате исследований режимов работы баровых исполнительных органов должны быть получены основные характеристики баровых установок при резании мерзлых грунтов:

- а) процесс резания мерзлых пород (описание физики явления);
- б) усилия протягивания режущей цепи вхолостую;
- в) усилия протягивания цепи при различных скоростях подачи и резания;
- г) усилия подачи при различных скоростях подачи и скоростях движения режущей цепи;
- д) затраты мощности на привод режущей части баровой установки и на перемещение установки;
- е) износ зубков и его влияние на усилия подачи, протягивания цепи и затраты мощности;
- ж) процесс удаления штыба из врубной щели. Затраты мощности на вынос штыба при различных режимах работы цепного исполнительного органа;
- з) процесс заводки бара (описание процесса с характерными особенностями резания грунта, удаления штыба, распределения усилий в системе при заглублении бара, устойчивость установки).

3. Исследование конструкций машин для резания мерзлых грунтов

Данные, полученные при исследовании режимов работы баровых исполнительных органов, являются основой для исследования различных конструкций машин для резания мерзлых грунтов с целью их совершенствования.

Изучение конструкции, как правило, начинается с обобщения опы-

та различных организаций страны по созданию и эксплуатации баровых землерезных машин. Такое обобщение должно включать описание конструкций машин, основных узлов и их надежности, технических характеристик машин, способов и особенностей их эксплуатации, данных о производительности и условиях труда рабочих. Все применяемые машины следует классифицировать по основным характерным особенностям. Это позволит сократить описание конструкций и облегчит последующий анализ их элементов.

Основными характерными элементами конструкций землерезных машин являются:

1. Баровый исполнительный орган и система его подвески на шасси машины.
2. Механизм трансмиссии для привода бара.
3. Механизм для заводки и фиксации бара.
4. Механизм подачи машины.
5. Привод установки (двигатель и гидравлическая система).

При исследовании конструкций указанных узлов следует выяснить, насколько эти механизмы позволяют обеспечить необходимые параметры и надежность работы землерезных машин.

При изучении баровых исполнительных органов необходимо выявить целесообразные конструкции режущих цепей, схемы их набора, способы фиксации в направляющих бара, срок службы и возможность восстановления. Найти наиболее простые способы подвески и фиксации баров на машинах и разработать методы расчета основных элементов исполнительных органов.

Передача мощности от двигателя барам в современных машинах осуществляется зубчатыми цепными и карданными передачами. Следует разработать методы выбора основных параметров этих передач и методы расчета с учетом специфики привода цепных баров.

Для заводки бара врубных машин применяются механические и гидравлические передачи. Расположение и параметры этих механизмов оказывают существенное влияние на габариты и прочность узлов подвески бара, а также на трудоемкость всех манипуляций с баром. Поэтому следует изыскать наиболее целесообразные схемы этих механизмов, их параметры и разработать методы расчета основных элементов.

Наиболее трудоемкими, видимо, будут исследования механизмов подачи машин. Как мы отмечали [4], для обеспечения высокой производительности землерезные машины должны иметь высокие маневровые скорости и хорошее сочетание рабочих скоростей подачи со скоростями движения режущей цепи и мощностью привода. Для обеспечения этого на землерезные машины устанавливаются дополнительные коробки скоростей и ходоуменьшители. Известны различные конструкции зубчатых ходоуменьшителей [4, 14], так в установке УРМГ-60 применен храповой ходоуменьшитель, в экскаваторах ЭТН-124 — зубчато-червячный ходоуменьшитель с гидравлическим приводом. В литературе нет данных для расчета этих ходоуменьшителей, поэтому необходимо исследовать ходоуменьшители различного типа, определить их перспективность и область применения, разработать методы расчета. Критериями оценки качества ходоуменьшителей являются возможность изменения рабочих скоростей в необходимых диапазонах, компактность и надежность работы в зимнее время.

Механизмы подачи должны быть оценены по усилиям подачи, которые они могут обеспечить при работе баровых исполнительных механизмов.

При рассмотрении мощности и механической характеристики привода следует определить, какое количество баров и какие их размеры

можно устанавливать при данной мощности двигателя, какие должны быть при этом характеристики трансмиссий и какую производительность обеспечит данная установка. Интересно было бы определить, какие мощности привода являются предельными (минимальными и максимальными) для установок с одним, двумя и тремя барами, с учетом, конечно, возможных режимов работы баровых механизмов в зависимости от веса установки и вида ходового механизма.

При создании новых машин для резания мерзлых грунтов следует обратить внимание на выбор базы для таких установок. Резание мерзлых грунтов в большинстве районов нашей страны является сезонной работой. Поэтому вряд ли целесообразно создавать специальные машины, которые могут быть использованы только для резания мерзлых грунтов. Основное внимание при создании конструкций машин следует обратить на те варианты, которые позволяют использовать базу машины круглогодично. К машинам, которые зимой могут быть базой для землерезных установок, относятся серийные тракторы и автомобили, многочерпаковые экскаваторы и некоторые другие специальные машины.

Для решения возможности использования той или иной машины в качестве базы для землерезной установки необходимо рассмотреть следующие обстоятельства:

1. Наличие в конструкции машины устройств отбора мощности для привода барового исполнительного органа и выявление необходимых характеристик дополнительных трансмиссий (мощность, числа оборотов, крутящие моменты, передаточные числа дополнительных редукторов).

2. Наличие необходимых рабочих скоростей подачи или возможность установки дополнительных ходоуменьшителей. Какие характеристики должны быть у ходоуменьшителей для обеспечения рабочих и маневровых скоростей этих машин.

3. Наличие гидро- и другого вида привода для механизации заводки бара. При отсутствии таковых на базовой машине, следует изыскать наиболее простые способы их установки.

4. Наличие устройств для предохранения трансмиссий машин от перегрузки.

Решение некоторых из поставленных выше вопросов потребует поисковых конструкторских и экспериментальных работ. Наиболее целесообразные с технической точки зрения варианты создания машин для резания мерзлых грунтов следует сравнить по экономическим показателям и выявить наилучшие для различных областей народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленин А. Н., Состояние и перспективы развития машин для разработки мерзлых грунтов. Строительные и дорожные машины, № 10, 1961.

2. Смородинов М. И., Жмаев М. И., Федоров А. Н., Некоторые вопросы конструирования машин для резания мерзлого грунта и задачи исследований. Строительные и дорожные машины, № 4, 1962.

3. Федорин Л. А., Разработка мерзлых грунтов врубными машинами. Госстройиздат, М., 1961.

4. Алимов О. Д., Басов И. Г., Пратусевич З. М., Резание мерзлого грунта установкой УРМГ-60 ЦБТИ и НТОстройиндустрия, Томск, 1962.

5. Косарев С., Так проще и быстрее. «Строительная газета», № 135, 1962.

6. Алимов О. Д., Механизация пересадки деревьев зимой. Лесное хозяйство, № 12, 1962.

7. Протодьяконов М. М., Коэффициент крепости горных пород профессора М. М. Протодьяконова. Сб. Вопросы разрушения и дробления горных пород. Углетехиздат, 1955.

8. Зеленин А. Н., Физические основы теории резания грунтов. Изд. АН СССР, 1950.
9. Берон А. И., Казанский А. С., Лейбов Б. М., Позин Е. З., Резание угля. Госгортехиздат, 1962.
10. Фомичев В. П., Расчет нагрузок на врубовые машины. Госгортехиздат, 1961.
11. Федулов А. И., К вопросу о выборе способа разработки мерзлых грунтов, Труды ЗСФАН СССР, № 16, 1956.
12. Зеленин А. Н., Гальперин М. И., Абезгауз В. Д., Разработка мерзлого грунта механическими способами. АН СССР, ИТЭИ, № 32, М., 1955.
13. Зеленин А. Н., Веселов Г. М., Исследование по резанию мерзлого грунта. Труды ИГД АН СССР, т. 4, 1957.
14. Золотник М. И., Ходоуменьшитель для снижения скоростей трактора класса 6 т. Строительные и дорожные машины, № 7, 1962.