

УДК624.139

С. В. МАКСИМОВ, В. С. ИВКИН, А. С. КИРСАНОВ

РЫХЛИТЕЛЬ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассмотрены основные способы разработки мёрзлых грунтов с позиции эффективности их применения в транспортном строительстве, предложено новое газоимпульсное оборудование для производства зимних земляных работ

Ключевые слова: мёрзлый грунт, энергоёмкость разрушения, газодинамическое воздействие, механическое воздействие.

В общем объёме строительных работ земляные работы занимают значительный удельный вес. Причем 20% общего объёма земляных работ в России, производимых за год, приходится на разработку мерзлых грунтов. Стоимость разработки мёрзлых грунтов такая же, как и всего остального объёма земляных работ, выполняемых на не мёрзлых грунтах. Важной характеристикой замёрших грунтов является их отрицательная температура. Твёрдые минеральные частицы грунта, слабо связанные между собой в не мёрзлом состоянии, при отрицательной температуре цементируются льдом. Грунт превращается в сплошной и твёрдый монолит, который не могут непосредственно разрабатывать землеройные машины общего назначения (бульдозеры, скреперы, экскаваторы, автогрейдеры).

Предварительное рыхление таких грунтов выполняется с помощью строительных машин

специального назначения, которые называются рыхлителями. В строительстве известны различные способы разработки мёрзлых грунтов, энергоёмкость и трудоёмкость которых приведены в таблице 1.

При производстве малообъёмных, рассредоточенных зимних земляных работ в стеснённых условиях транспортного строительства наибольшее применение находят машины, разрабатывающие мёрзлый грунт механическим способом. Их совершенствованию уделяется большое внимание. Однако большинство существующих машин не всегда отвечает требованиям выполнения земляных работ в стеснённых условиях строительства и имеют существенные недостатки: высокая энергоёмкость, низкая надёжность, интенсивный износ рабочих органов, плохая маневренность, узкая специализация.

Таблица 1

Энергоёмкость и трудоёмкость разработки мёрзлых грунтов

Способы разработки мёрзлых грунтов	Энергоёмкость, кВт·ч/м³	Трудоёмкость, чел·дн/м³
Оттаивание: а) огневое;	136	0,11 – 0,14
б) пароводяное;	190	0,16
в) электрическое	81	0,28 – 0,7
Буровзрывное рыхление	1,4	0,048
Механические:		
а) резанием;	5,4	0,003 – 0,09
б) ударное разрушение;	0,55	0,005 – 0,05
в) вибрационное рыхление	1,64	0,044 – 0,08
Ручная разработка	-	1,9
Газодинамическими рыхлителями	0,4	0,005 – 0,05

© С. В. Максимов, В. С. Ивкин, А. С. Кирсанов, 2007

Решение проблем увеличения объёмов работ по разрушению мёрзлых грунтов в стеснённых условиях транспортного строительства не может быть достигнуто только на основе выбора рациональных конструктивных и режимных параметров существующих машин и увеличения их энерговооружённости. Необходимо создание исполнительных органов с новыми эффективными способами разрушения мёрзлых грунтов [1 – 8].

Оснащение землеройных машин газоимпульсным оборудованием является одним из наиболее перспективных и удобных с точки зрения практической осуществимости методов активизации процесса рыхления мёрзлых грунтов (рис. 1).

Малые габариты и вес, конструктивная простота и высокая энерговооружённость землеройных машин, оснащённых газодинамическими интенсификаторами, открывает возможности значительного повышения производительности, снижения удельной материалоемкости по сравнению с конструкциями машин традиционного типа. Для рыхления грунта газодинамическим способом могут быть использованы пневмоколёсные тягачи или экскаваторы малой и средней мощности, которые в зимний период использовались недостаточно, но которые имеют хорошие транспортные качества.

При рыхлении грунта газодинамическими рыхлителями можно выделить два характерных этапа работы:

первый этап – завинчивание рыхлителя на расчётную глубину рыхления с одновременным заполнением рабочей камеры сжатым воздухом высокого давления;

второй этап – рыхление грунта сжатым воздухом.

Погружение рабочего оборудования на заданную глубину рыхления основано на использовании псевдопластических свойств мёрзлых грунтов, которые при приложении нагрузки способны уплотняться за счёт ликвидации объёма пустот между минеральными частицами и разрушения льда-цемента. При этом дробление и транспортирование вытеснённого объёма грунта на поверхность не происходит. В мёрзлом грунте рабочим органом нарезается винтовая линия; грунт уплотняется и отжимается в ненарушенный массив.

Рабочий орган плотно обжимается раздвигающимся в процессе завинчивания грунтом, что позволяет создать при разрядке рабочей камеры в мёрзлом грунте давление, достаточное для его эффективного разрушения. Эффективность разрушения достигается за счёт комбинированного воздействия на среду:



Рис. 1. Вариант рабочего оборудования газодинамического рыхлителя

механического – заключающегося в создании напряжённого состояния и образования начальных трещин в зоне выхлопных отверстий, возникающих при завинчивании рыхлителя в грунт, и пневматического – в результате поршневого действия газов, истекающих из выхлопных отверстий рыхлителя, которые проникают в начальные трещины, расклинивают их, способствуя отделению грунта от массива [1 – 8].

Сущность конструктивного решения рыхлителя поясняется рисунком 2. Рабочая камера 1 соединена со штангой 2, внутренняя полость которой включается в объём рабочей камеры. Внутренняя полость хвостовика 3 также является продолжением рабочей камеры 1. Хвостовик 3 связан с приводным механизмом.

Узел газораспределения 5, перемещающийся по направляющим 6, позволяет осуществить как раздельное заполнение сжатым воздухом рабочей камеры 1 и камеры управления 8, так и раздельную их разрядку.

При открытии крана 18 через штуцер 7 и радиальные отверстия 4 в хвостовике 3 сжатый воздух поступает в рабочую камеру 1.

В камеру управления 8 сжатый воздух поступает через штуцер 9 и трубку 10 при открытии крана управления 17.

Клапанный механизм, состоящий из клапана 11, пружины 12, седла 13, контролирует выход сжатого воздуха через выхлопные отверстия 14, расположенные на разрядной втулке 15. Клапан является нормально-закрытым и отделяет камеру управления 8 от рабочей камеры 1.

Для такого типа клапана характерно то, что его управление осуществляется за счёт энергии сжатого воздуха. На первом этапе работы рыхлителя машинист устанавливает оборудование на место рыхления, включая механизм привода, и винтовая лопасть 16 начинает ввинчиваться в грунт.

В то же время машинист открывает краны управления 17 и 18, от которых воздух отдельно поступает в камеру управления 8 и рабочую камеру 1.

Давление в рабочей камере 1 и камере управления 8 контролируется машинистом по показаниям манометров, которые на рисунке 2 не указаны.

После завинчивания рыхлителя на расчётную глубину разработки начинается второй этап работы – рыхление грунта.

На втором этапе работы машинист поворачивает рукоятку крана управления 17 в положение, при котором камера управления 8 сообщается с атмосферой. Давление в ней падает. Из-за разности давлений между двумя смежными камерами клапан 11 перемещается в нижнее положение, открывая выхлопные отверстия 14. С большой скоростью воздух истекает из выхлопных отверстий и производит рыхление грунта. Симметричное и под прямым углом к оси рабочего органа расположение выхлопных отверстий на разрядной втулке исключает реактивные усилия (силу отдачи) при разрядке рабочей камеры.

Защитный экран 19 обеспечивает безопасное ведение работ, исключая разлёт частиц грунта. После падения давления в рабочей камере 1 пружина 12 возвращает клапан 11 в нормально-закрытое положение. Краны управления 17 и 18 закрываются. Рабочее оборудование поднимается, устанавливается на новое место рыхления, и цикл работы повторяется. При выборе источника получения сжатого газа предпочтение следует отдать компрессорным установкам, которые имеют небольшую массу, высокую степень надёжности и высокую производительность.

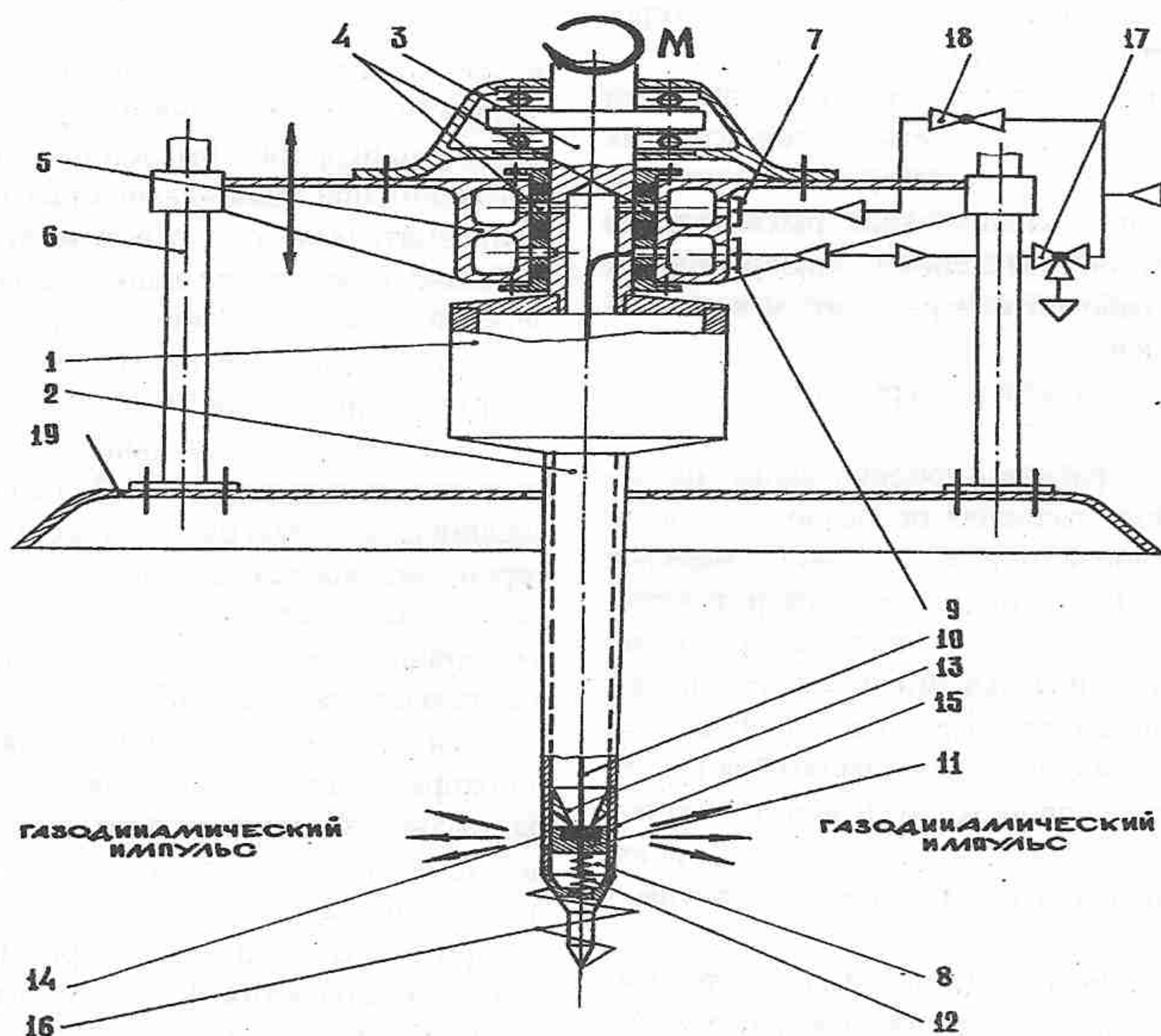


Рис. 2. Конструктивная схема газодинамического рыхлителя

ВЫВОДЫ

Отличительная особенность нового оборудования в том, что его внедрение в грунт осуществляется наименее энергоёмким способом – путём завинчивания, а разрушение мёрзлого грунта производится за счёт энергии сжатого воздуха высокого давления [1 – 8], который подаётся от компрессора высокого давления.

Основными предпосылками к эффективному использованию нового оборудования для производства зимних земляных работ в стеснённых условиях транспортного строительства явились:

- 1) начало разрушения грунта начинается не с поверхности, где прочность грунта максимальная, а с глубины разрушаемого массива, где прочность ниже;
- 2) энергия сжатого воздуха передаётся непосредственно разрушаемому грунту, который можно рассматривать как материал, обрабатываемый действием газового импульса. Разрушение мёрзлого грунта происходит по всем возможным направлениям расширения сжатого воздуха, что позволяет повысить качество дробления по сравнению с машинами ударного действия и статическими рыхлителями, т. к. рабочие органы этих машин имеют строго ограниченное перемещение в мёрзлом грунте;
- 3) более эффективная работа в период оттепели и начала оттаивания мёрзлого грунта, когда под слоем неравномерно тающего грунта находится мёрзлый грунт. В машинах ударного действия энергия удара частично или полностью гасится тающим слоем грунта.

Разрушение грунтов энергией сжатого газа, которая непосредственно передаётся на рабочий орган, минуя двигатель, связано с изменением конструкции машины. При таком способе разработки грунтов появляется возможность передать рабочему органу значительную энергию, идущую на разрушение, без существенного увеличения массы и мощности базовой машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. с. 1421012 СССР, МКИ E02 F5/32. Рыхлитель газодинамического действия / В. С. Ивкин. – №4095259/03; заявл. 16.07.86, опубл. 10.05.99, Бюл. №13. – 7 с.
2. Пат. №2209891 РФ, МПК⁷ E 02 F 5/32 Газодинамический рыхлитель / В. С. Ивкин; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. –

№2002110492/03; заявл. 19.04.02; опубл. 10.08.03, Бюл. №22. – 12 с.

3. Пат. №2231601 РФ, МПК⁷ E 02 F5 /30 Газодинамический рыхлитель / В. С. Ивкин, В. С. Щеликалин; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – №2003108241/03; заявл. 25.03.03; опубл. 27.06.04, Бюл. №18. – 16 с.

4. Пат. №2236514 РФ, МПК⁷ E 02 F5 /32 Газодинамический рыхлитель / В. С. Ивкин, Е. К. Кузьмин; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – №2003116529/03; заявл. 03.06.03; опубл. 20.09.04, Бюл. №26. – 15 с.

5. Пат. №2244784 РФ, МПК⁷ E 02 F5 /32 Газодинамический рыхлитель / В. С. Ивкин, Е. К. Кузьмин; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – №2003130251/03; заявл. 10.10.03; опубл. 20.01.05, Бюл. №2. – 11 с.

6. Пат. №2252989 РФ, МПК⁷ E 02 F5 /32 Устройство для разрушения прочных и мёрзлых грунтов / В. С. Ивкин, В. В. Морозов; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – №2004106179/03; заявл. 02.03.04; опубл. 27.05.05, Бюл. №15. – 12 с.

7. Пат. №2256751 РФ, МПК⁷ E 02 F5 /32 Устройство для разрушения прочных и мёрзлых грунтов / В. С. Ивкин, В. В. Морозов; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – №2004112153/03; заявл. 20.04.04; опубл. 20.07.05, Бюл. №20. – 15 с.

8. Пат. №2276235 РФ, МПК⁷ E 02 F5 /30 Устройство для разрушения прочных и мёрзлых грунтов / В. С. Ивкин, В. В. Морозов; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – №2004118762/03; заявл. 21.06.04; опубл. 10.05.06, Бюл. №13. – 21 с.

.....

Максимов Сергей Валентинович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Строительное производство и материалы» УлГТУ. Имеет монографии, учебник, учебные пособия и статьи, изобретения и патенты в области строительных материалов.

Ивкин Валерий Семёнович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» УлГТУ. Имеет учебные пособия и статьи, изобретения и патенты в области механизации строительных работ.

Кирсанов Александр Сергеевич, студент 4 курса УлГТУ.