

УДК 621.878.23.001.24

НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН: ИССЛЕДОВАНИЕ, РАСЧЕТ, СОЗДАНИЕ, ВЫБОР, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

ХМАРА Л. А., *д. т. н., проф.*

Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

Аннотация. Представлено научное сопровождение по исследованию, расчету, созданию, выбору и использованию строительных и дорожных машин, технических разработок автора и его учеников, а также основные научные направления по усовершенствованию строительной техники.

Ключевые слова: *строительные и дорожные машины, выбор машин, научное сопровождение.*

НАУКОВИЙ СУПРОВІД БУДІВЕЛЬНИХ І ДОРОЖНИХ МАШИН: ВИКОРИСТАННЯ, РОЗРАХУНОК, СТВОРЕННЯ, ВИБІР, ВИКОРИСТАННЯ

ХМАРА Л. А., *д. т. н., проф.*

Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

Анотація. Показано науковий супровід із дослідження, розрахунку, створення, вибору та використання будівельних і дорожніх машин, технічних розробок автора і його учнів, наведено основні наукові напрями з удосконалення будівельної техніки.

Ключові слова: *будівельні і дорожні машини, вибір машин, науковий супровід.*

SCIENTIFIC SUPPORT OF CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES: RESEARCH, CALCULATION, CREATION, CHOICE, USE

КНМАРА Л. А., *Dr. Sc. (Tech.), Prof*

^{1*} Department of Building and road of machines (BTM), State Higher Educational Establishment (SHEE) «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», st. Chernyshevsky, 24-A, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

Summary. In article scientific support on research, calculation, creation, a choice and use of construction and road machines, technical development of the author and his pupils is presented, the main scientific directions on improvement of construction equipment are presented.

Key words. *Construction and road cars, choice of cars, scientific support.*

Об авторе. Леонид Андреевич Хмара, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Украины, академик Академии строительства Украины, заведующий кафедрой строительных и дорожных машин Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры (ранее ДИСИ), специалист в области резания и копания грунтов землеройными машинами, интенсификации рабочих процессов строительных машин, разработал научные основы формирования высокоэффективных рабочих органов землеройных ма-

шин, теорию рабочих процессов землеройных машин с интенсификаторами комбинированного действия, научные основы землеройно-манипуляторных рабочих органов многоцелевого назначения, научное сопровождение на этапах исследования, расчета, создания и определения области эффективного использования машин.

Окончил Днепропетровский инженерно-строительный институт по специальности инженер-механик по строительным и дорожным машинам и оборудованию.

По результатам научных исследований

опубликовал 15 книг, пять монографий, издал свыше 350 работ по различным вопросам науки и техники, имеет более 600 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Исследования профессора Л. А. Хмары связаны с промышленностью. Им внедрены в производство рабочие органы рыхлителей, ковши экскаваторов, скреперов, отвалы бульдозеров, рабочие органы многоцелевого назначения манипуляторного типа, стенды для проведения исследований строительных машин и их рабочих органов, методики расчета и определения эффективности строительных машин с рабочими органами интенсифицирующего действия.

Работы Л. А. Хмары получили широкую известность в СНГ, США, Польше, Германии.

Возрастающая стоимость землеройной техники и сокращение ее выпуска обуславливают актуальность одной из тенденций совершенствования землеройной техники, повышения ее производительности, снижения материалоемкости, энергоемкости, улучшения технико-экономических показателей [3–6].

На кафедре СДМ ДВНЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» решением этой проблемы в разное время занимались д. т. н. С. В. Шатов, к. т. н. А. И. Голубченко, В. В. Мелашич, И. А. Кулик, В. И. Осипчук, К. Ц. Главацкий, Р. Н. Кроль, В. Б. Коротких инженеры М. И. Деревянчук, В. И. Курочка, Ю. В. Мартыненко, автор данной статьи и др.

Формирование многокомпонентных рабочих органов землеройных машин осуществлено на базе разработанного метода, базирующегося на использовании методики математического моделирования и функционального расчленения процессов механического разрушения грунтов [9].

Разработка новых конструктивных решений многокомпонентных рабочих органов землеройных машин в дальнейшем осуществляется на основании расчлененных математических моделей процесса механического разрушения грунта с учетом резуль-

татов оптимизации параметров.

Данная статья подготовлена по результатам собственных исследований автора и его учеников, сотрудников кафедры строительных и дорожных машин ПГАСА. Она является, по сути, продолжением цикла статей, опубликованных в различных журналах по вопросам интенсификации земляных работ, освещаемым ведущими кафедрами вузов Украины и стран СНГ – МАДИ, МИСИ, КНУБА, ХАДУ [1; 2].

Анализ математических моделей позволяет дать рекомендации по созданию многокомпонентных рабочих органов и получить конструктивные схемы, обеспечивающие минимизацию целевой функции. Многокомпонентные рабочие органы составляются путем размещения определенной последовательности рыхлящих зубьев, стоек. Такое размещение осуществляется в условиях смещения как самих режущих ножей относительно друг друга, так и других элементов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Многокомпонентные рабочие органы в соответствии с их функциональным назначением образуются путем добавления или сокращения количества элементов, составляющих рабочий орган (рис. 1).

Сформированы различные формы ножевых систем (для бульдозеров, скреперов, экскаваторов) (рис. 2).

После того как составлен ряд новых физически реализуемых объектов с новой структурой и модифицированными элементами, из них выбирается наиболее рациональный. Выбор осуществляется на основании количественного анализа, математических моделей целевых функций для каждой схемы рабочего органа и сопоставления полученных результатов с традиционным решением [3; 10].

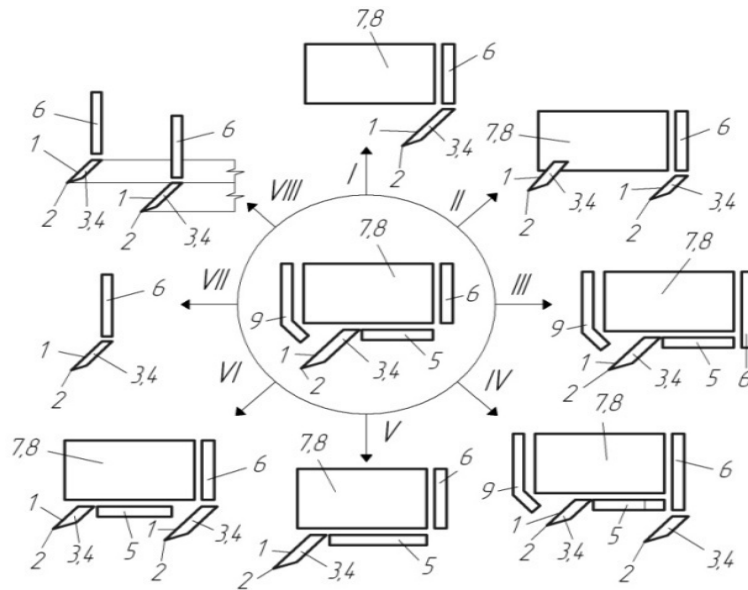


Рис. 1. Схема функционального расчленения рабочего органа землеройной машины по анализу математической модели и образования новых структур в соответствии с новой математической моделью:

1 – лобовая поверхность режущего рыхлящего элемента; 2 – режущее лезвие; 3,4 – боковые грани режущего элемента; 5 – днище; 6 – задняя стенка (отвал); 7,8 – боковые стенки ковша (открылки отвала); 9 – заслонка (отвал); I – традиционный отвал бульдозера с боковыми открылками; II – отвал бульдозера с вынесенным ножом из-под призмы волочения; III – традиционный ковш скрепера; IV – ковш скрепера с тракторным смещением режущих ножей; V – ковш драглайна традиционного типа; VI – ковш драглайна с тракторным смещением режущих ножей; VII – традиционный рыхлитель; VIII – рыхлитель с тракторным смещением рыхлящих зубьев

За время функционирования научной школы повышения эффективности и научного сопровождения строительных и дорожных машин на этапах исследования, расчета, создания, выбора и использования было подготовлено 15 кандидатских диссертаций (В. В. Мелашич, С. В. Шатов, А. И. Голубченко, И. А. Кулик, Р. Р. Бархалов, Н. И. Афанасьев, В. И. Осипчук, К. Ц. Главацкий, В. Б. Коротких, С. А. Карпушин, В. И. Пантелеенко, В. А. Талалай, С. А. Кононов, Р. Н. Кроль, В. И. Курочка) и две докторские диссертации (Л. Н. Бондаренко, В. А. Пинчук).

Научная деятельность школы осуществляется по следующим направлениям:

- использование новейших достижений техники и фундаментальных наук для создания высокоэффективных строительных машин;
- повышение технического уровня и конструктивные предложения рабочего оборудования для эксплуатации в экстремальных условиях;
- научные основы создания и технические предложения рыхлительного, захватно-рыхлительного и строительного манипуляторного оборудования для выпуска их ма-

шиностроительными заводами Украины;

- расчет и проектирование землеройных машин интенсифицирующего действия;
- научное сопровождение строительных и дорожных машин на этапах их выбора и определение областей эффективного использования;
- разработка научных основ для рабочих органов многоцелевого назначения, предназначенных для работы в отрядах быстрого реагирования при ликвидации последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф;
- обследование технического состояния дорожно-строительных, землеройных и подъемно-транспортных машин с целью определения остаточного их ресурса;
- формирование, расчет и проектирование строительных машин и оборудования;
- разработка методик оценки эффективности строительных и дорожных машин;
- создание стендов и разработка методик проведения исследований новых рабочих органов машин.

Ниже представлены основные научные разработки, полученные научной школой в результате проведенных поисковых науч-

ных исследований, проектных работ, доведенные до практической реализации на практике. Все научные разработки защище-

ны авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

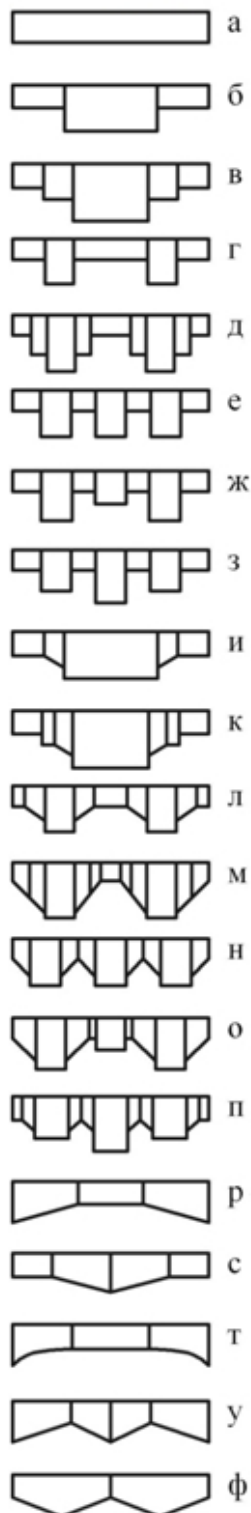


Рис. 2. Различные формы ножевых систем

На рисунке 3 показаны отвалы бульдозеров для разработки мерзлых, прочных и высокопрочных грунтов [4; 6]. Предлагаемые конструкции бульдозерных отвалов ха-

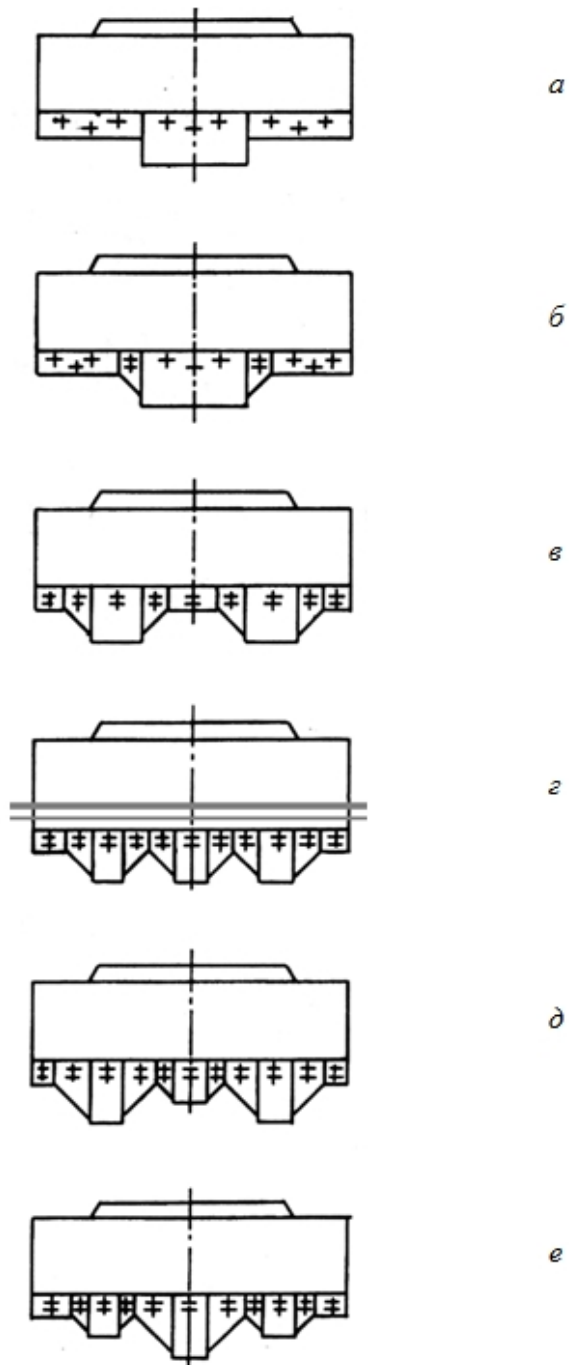


Рис. 3. Конструкции отвалов бульдозеров с выступающими ножами:
а, б – с одним ВН соответственно без косынок и с косынками; в – с двумя ВН; г, д, е – с тремя ВН и с боковыми косынками, имеющими различную длину

рактеризуются установкой двух, трех и четырех выступающих ножей, а также установкой косынок по обе стороны от ножей, что предотвращает просыпание разрабаты-

ваемого грунта в боковые расширения. Сумма площадей всех выступающих ножей плюс сумма площадей всех боковых косынок равняется площади среднего выступающего ножа или площади стружки грунта, вырезаемой традиционным отвалом.

В процессе копания грунта бульдозерным отвалом, оснащенным выступающими ножами, образуются боковые расширения по обе стороны от выступающих ножей с углом бокового расширения $\gamma = 30...45$, при этом снижается трение режущей поверхности основного ножа (площадки заступления ножа) о разрабатываемый грунт, уменьшается горизонтальная составляющая сопротивления грунта копанию. Однако при этом происходит просыпание грунта в боковые расширения, что приводит к значительному сокращению массы призмы волочения. Установка по обе стороны от выступающих ножей косынок исключит просыпание грунта в боковые расширения и сохранит массу призмы волочения.

Отвал бульдозера с захватом в виде управляемой челюсти (рис. 4) позволяет наряду с разработкой грунта выполнять захват, подъем и транспортирование отдельных предметов, а также захват рабочих органов (фрезы, уплотнителя, гидромолота и др.). При опущенном захвате бульдозер разрабатывает грунт выступающим средним ножом.

Подъем и опускание рычагов осуществляется с помощью гидроцилиндров. В нижней части рычаги соединены поперечным режущим ножом. Ширина челюсти составляет третью часть ширины отвала. Масса оборудования 80 кг.

Общий вид бульдозера ДЗ-42 (Д-606) с выступающим средним ножом и газовой смазкой поверхности скольжения и плужный каналокопатель МК-12 с газовой смазкой, смонтированный на тракторе К-700 А, показаны соответственно на рисунках 5 и 6.

Эффективность эксплуатации бульдозерного оборудования с одним выступающим ножом и боковыми косынками в сравнении с традиционным отвалом состоит в повышении технической производительности на 15...20 %, а с четырьмя выступающими ножами и боковыми косынками – на

22...28 %, в зависимости от прочности разрабатываемых грунтов.

Многоцелевое бульдозерное оборудование на тракторах класса 3

Данное техническое решение является совместной разработкой кафедры строительных и дорожных машин Приднестровской государственной академии строительства и архитектуры и ПО "Юждормаш". Сущность конструкции бульдозерного оборудования, оснащенного челюстными захватами, показана на рисунках 7 и 8.

Бульдозерно-строительный агрегат ДЗ-162-04 состоит из базового гусеничного фактора ДТ-75Н-РС2 10 и навесного бульдозерного оборудования. Бульдозерное оборудование включает отвал 2 с приваренным левым толкающим брусом 6, правый шарнирный брус, поперечную балку 7, кронштейн с гидроцилиндром подъема и опускания отвала 5, гидроцилиндр перекоса отвала 4, челюстные захваты 1, гидроцилиндры поворота захватов 3 и маслопроводы с рукавами высокою давления (рис. 7, а).

В нижней части каждого челюстного захвата между щеками его корпуса шарнирно-подвижно установлен рыхлительный зуб 9, к верхней части которого жестко прикреплен щиток 10, выполняющий функции упорно-тактильного элемента при вертикальном положении зуба и блокирующего элемента, способствующего увеличению накопительной способности отвала.

Челюстные захваты шарнирно закреплены на цапфах, приваренных к боковинам отвала, и поворачиваются гидроцилиндрами 3 в продольно-вертикальной плоскости на угол 45^0 . Рыхлящие зубья поворачиваются на 90^0 и могут находиться в свободно подвешенном состоянии или фиксироваться с помощью специальных пальцев 11 в двух крайних положениях – рабочем и подогнутом.

Наличие челюстных захватов и их конструкция позволяют существенно увеличить накопительную способность отвала в процессе копания грунта, свести до минимума потери грунта или других материалов при их перемещении, использовать задний ход агрегата для предварительного рыхления

грунтов підвищеної прочності на глибину 250 мм, нарезки с последующим снятием поверхности растительного слоя, очистки строительных площадок от мусора, разборки завалов из бетонных, железобетонных, деревянных и металлических элементов

строительных конструкций, снятия асфальтобетонных покрытий дорог и тротуаров, захвата и перемещения длинномерных предметов диаметром до 300 мм и др.

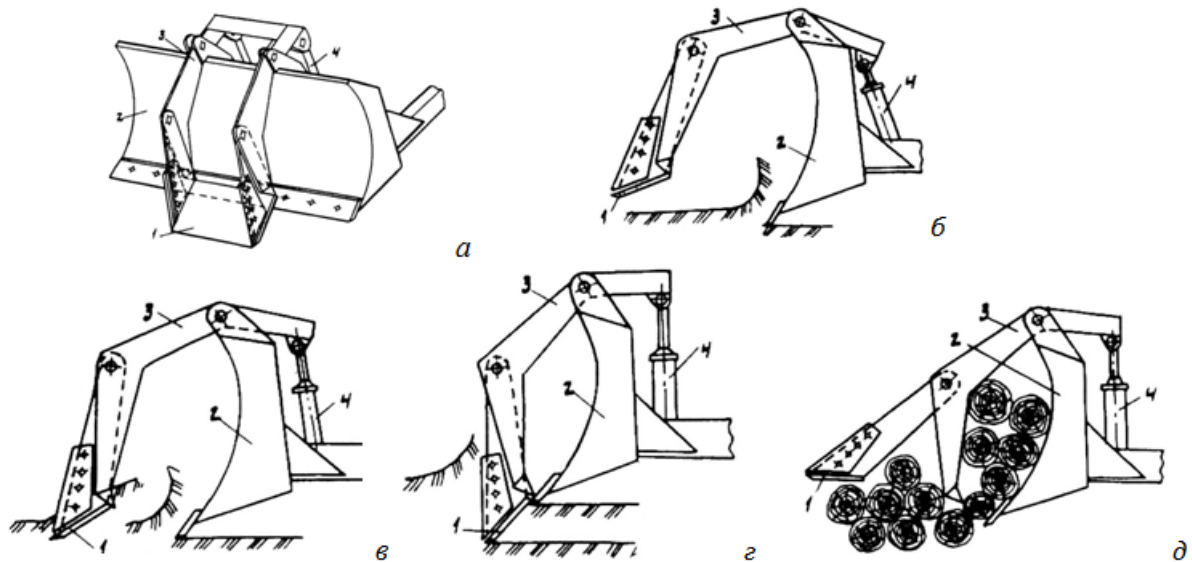


Рис. 4. Отвал бульдозера, оснащенный челюстным захватом с выступающим ножом:
а – общий вид; б – разработка грунта традиционным способом; в – резание грунта двумя ножами; г – резание грунта выступающей ножевой системой челюсти; д – захват длинномерного груза рычагами челюсти; 1 – выступающий нож; 2 – отвал бульдозера; 3 – рычаги челюсти; 4 – гидроцилиндр управления челюстью



Рис. 5. Общий вид бульдозера ДЗ-42 (Д-606) с выступающим средним ножом и газовой смазкой поверхности скольжения



Рис. 6. Плужный каналокопатель МК-12 с газовой смазкой, смонтированный на базовом тракторе К-700 А

Увеличение накопительной способности отвала достигается при крайнем нижнем положении захватов (рис. 7, б), когда их корпуса образуют препятствия от ухода грунта в боковые валики. При этом рыхлящие зубья фиксируются в подогнутом положении, при котором щитки выдвинуты из корпусов захватов, увеличивая их боковую поверхность, а сами зубья частично перекрывают зазор между внутренними кромками корпу-

сов и боковыми кромками отвала. Поворот челюстных захватов в крайнее верхнее положение обеспечивает традиционную работу отвала при его горизонтальном и перекошенном положениях.

Предварительное рыхление грунтов повышенной прочности на глубину до 250 мм (рис. 7, в) обеспечивается поворотом зубьев в вертикальное положение при крайнем положении корпусов челюстных захватов. При

этом зубья могут быть зафиксированы пальцами или находятся в свободно вывешенном состоянии.

В последнем случае их рабочее положение обеспечивается самоустановкой под действием сил тяжести, поскольку центры масс расположены ниже осей подвеса.

В случае очистки строительных площадок от мусора или разборки завалов (рис. 7, д) зубья фиксируются в вертикальном положении пальцами.

Захват длинномерных предметов (бревен, труб и др.) (рис. 7, г) осуществляется за счет упора отвала в захватываемый предмет

с последующим поворотом челюстных захватов из крайнего верхнего положения вниз при одновременном поступательном движении агрегата вперед.

При этом зубья находятся в свободно подвешенном состоянии, входя в контакт с грунтом (рис. 8), подгибаются вверх по лобовой поверхности отвала в зону действия корпуса челюстных захватов. Надежность захвата обеспечивается поворотом и фиксацией зубьев в замыкающем положении в результате прижатия выступающей (тактильной) части их щитков к поверхности захватываемого предмета.

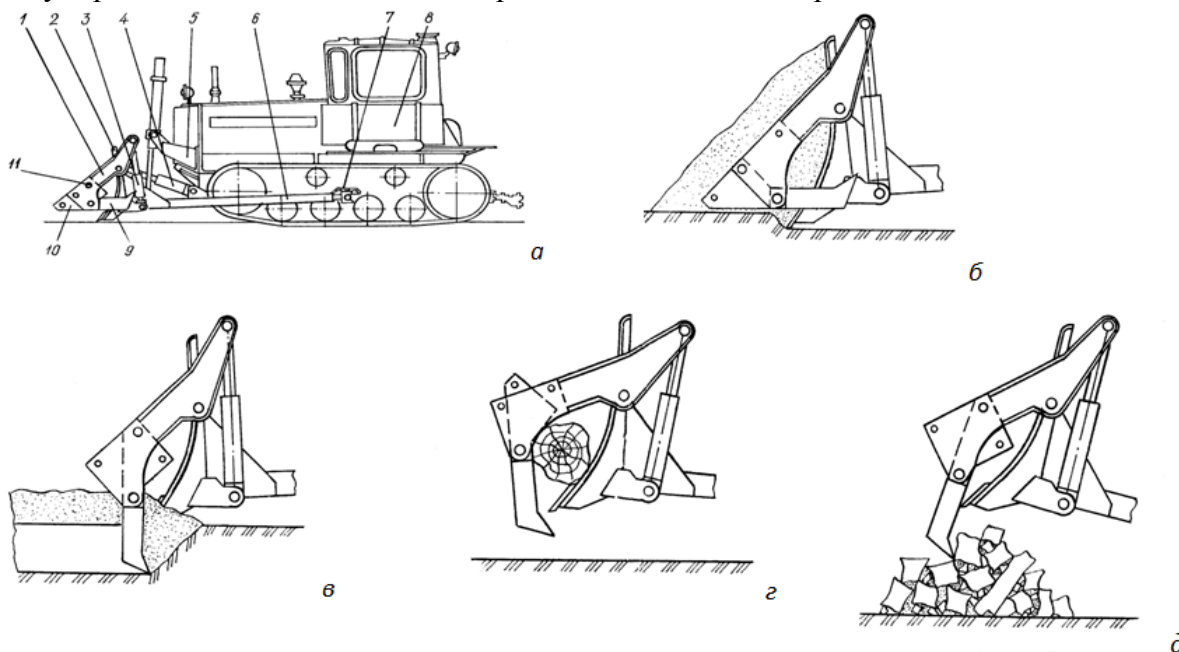


Рис. 7. Многоцелевое бульдозерное оборудование на базе ДЗ-162-04:

а – общий вид; б – использование захватов в режиме накопления грунта перед отвалом; в – то же, предварительное рыхление грунта; г – то же, захват длинномерных предметов; д – то же, разборка завалов

Совершенствование ковшей скреперов и их рабочих процессов. Интенсификатор загрузки ковша скрепера в виде лопастного метателя. Лопастный метатель грунта (рис. 9), состоящий из лопастного барабана 3, направляющего кожуха 1, боковых щек 2 и подрезающего ножа 4, предназначен для механизации процесса заполнения ковша скрепера [3; 4; 8].

Благодаря компактности конструкции и высоким транспортирующим качествам лопастный метатель может быть выполнен на-

весным на существующие модели скреперов и устанавливается перед передней заслонкой ковша, обеспечивая транспортировку грунта на практически любое расстояние по его длине и высоте. Транспортировка грунта из зоны разрушения в ковш способом метания позволяет производить заполнение ковша скрепера при минимальных значениях сопротивления грунта копанью, не зависящих от его стадии заполнения и геометрических параметров.



Рис. 8. Рабочее оборудование многоцелевого назначения на базе бульдозера ДЗ-162-04

Проведенные исследования позволили установить основные закономерности рабочего процесса лопастного метателя и разработать научно обоснованную методику определения его геометрических, кинематических и энергетических параметров. Апробация указанной методики при разработке конструкции навесных механизмов для заполнения ковшей скреперов ДЗ-11 и ДЗ-87-1 показала надежность и экономичность вычислительных операций. Преимущественной областью использования скреперов, оснащенных лопастными метателями, является разработка и перемещение сыпучих и слабосвязанных грунтов без сосредоточенных каменистых включений.

Агрегатирование самоходных скреперов в скреперный поезд. Для интенсификации процесса разработки грунта скреперами может быть использовано сцепно-толкающее устройство для агрегатирования скреперов в поезд. Работая по схеме "тяги-толкай" и попарно, оборудованные сцепно-толкающим устройством скреперы служат поочередно толкачом или дополнительным тягачом для разрабатывающего грунта скрепера. В этом случае скреперы работают в режиме поезда, исключая из рабочего процесса применение дополнительного трактора-толкача.

В ПГАСА проводятся исследования раз-

личных способов интенсификации рабочих процессов скреперов, в том числе и по сцепно-толкающим устройствам для агрегатирования скреперов в поезд с целью обеспечения их загрузки без дополнительного толкача.

В результате выполнения исследований разработана и создана конструкция сцепно-толкающего устройства для агрегатирования самоходных скреперов МоАЗ 3536П-Д357П в скреперный поезд (рис. 10).

Сцепно-толкающее устройство монтируется на самоходном скрепере с помощью соответствующих проушин и фиксирующих пальцев, что обеспечивает удобство монтажно-демонтажных операций и минимальные затраты времени на агрегатирование скрепером в поезд.

При работе скреперного поезда (рис. 10 и 11) первоначально заполняется грунт ковш переднего скрепера. При этом задний скрепер работает в режиме толкача, передавая посредством толкающей плиты дополнительное усилие на буфер переднего скрепера. Толкающие балки воспринимают динамические нагрузки, возникающие при работе скреперного поезда по схеме "толкай" и передают их через обвязочные рамы на ведущий мост тягача, обеспечивая разгрузку рамы тягача от сверхдопустимых усилий.

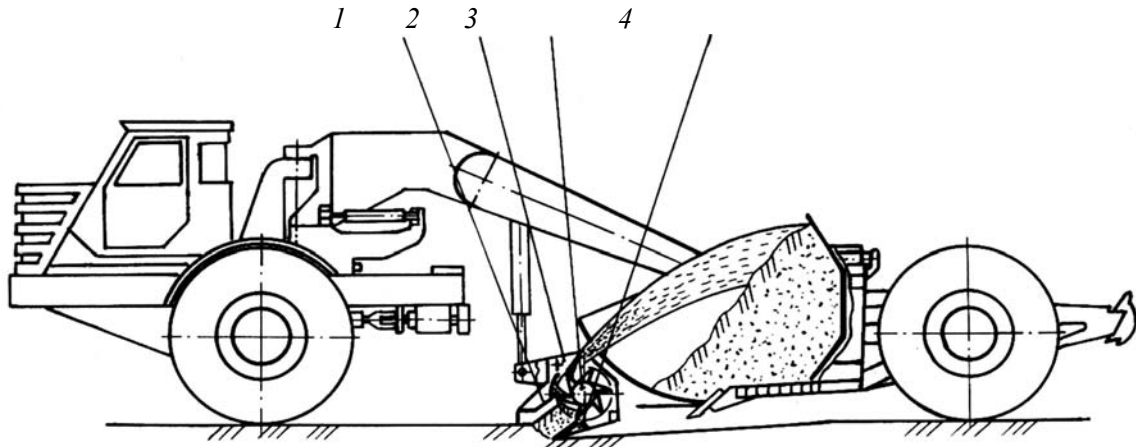


Рис. 9. Конструкция скрепера, оснащенного лопастным метателем грунта:
1 – направляющий нож; 2 – боковые щеки; 3 – лопастный барабан; 4 – подрезающий нож

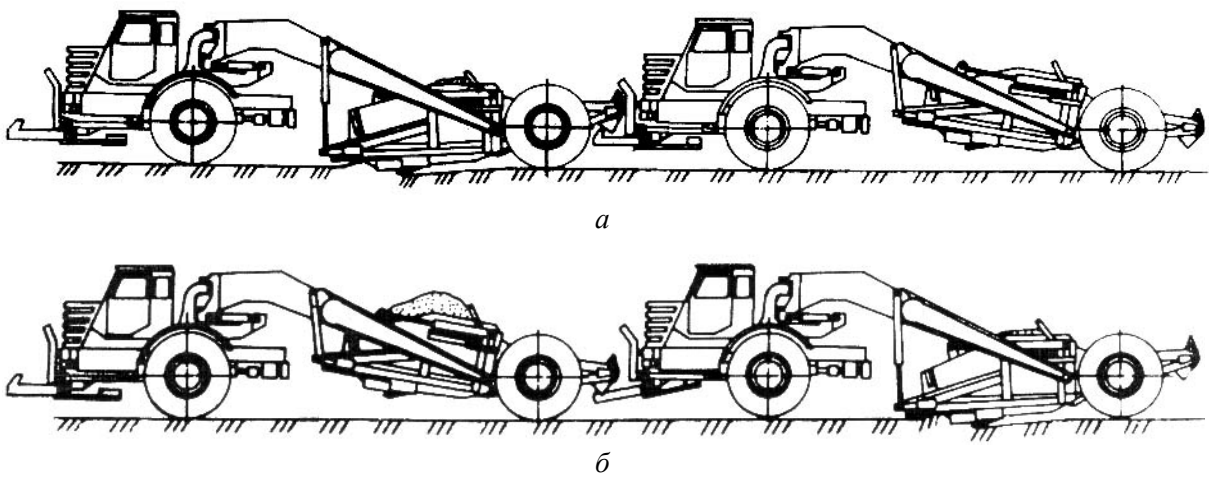


Рис. 10. Схема процесса заполнения ковшей самоходного скреперного поезда:
а – заполнение переднего скрепера; б – заполнение заднего скрепера

После заполнения ковша переднего скрепера скреперный поезд начинает работать по схеме “тяги”, обеспечивая заполнение ковша заднего скрепера. В этом случае осуществляется автоматическое зацепление скреперного крюка, установленного на рычаге, с пластиной, установленной на буфере переднего скрепера и оснащенной поперечной балкой круглого сечения. Надежность зацепления устройства обеспечивается наличием контргруза. После наполнения ковша второго скрепера осуществляется расцепка скреперов. Расцепка может производиться подъемом рычага с контргрузом при помощи рычага управления и каната. При этом сцепной крюк выходит из взаимодействия с поперечной пластиной буфера скрепера и осуществляется транспортирование грунта.

Применение сцепно-толкающего устройства на самоходных скреперах обеспечивает их работу в режиме скреперного поезда без дополнительного трактора-толкача, в результате чего достигается существенная экономия материальных, энергетических и трудовых затрат.

Возможны различные схемы агрегатирования самоходных скреперов, составляющих скреперный поезд:

- “тяги-толкай” – два самоходных скрепера, соединенных сцепно-толкающим устройством, обеспечивают поочередное заполнение переднего и заднего скреперов (при заполнении переднего скрепера задний работает в режиме толкача, при заполнении заднего передний работает в режиме тягача);



Рис. 11. Общий вид скрепера Д-357 П, снабженного цепно-толкающим устройством

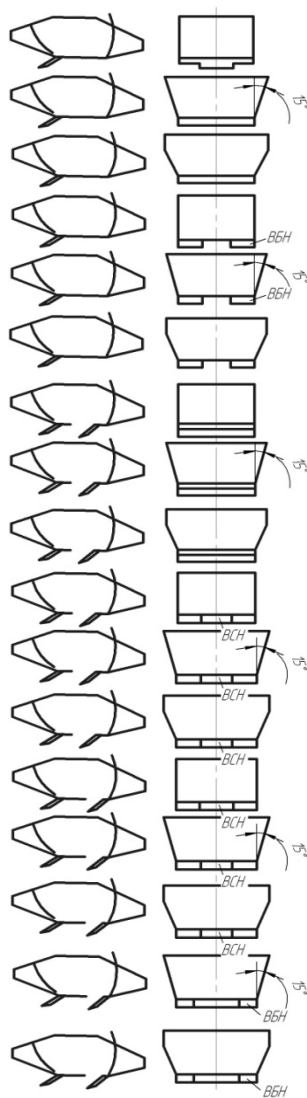


Рис. 12. Конструктивные схемы ковшей скреперов



Рис. 13. Общий вид скрепера Д3-20 с газовой смазкой поверхности скольжения и выступающим средним ножом



Рис. 14. Общий вид скрепера Д-357П с двухножевой системой копания и управляемым задним ножом

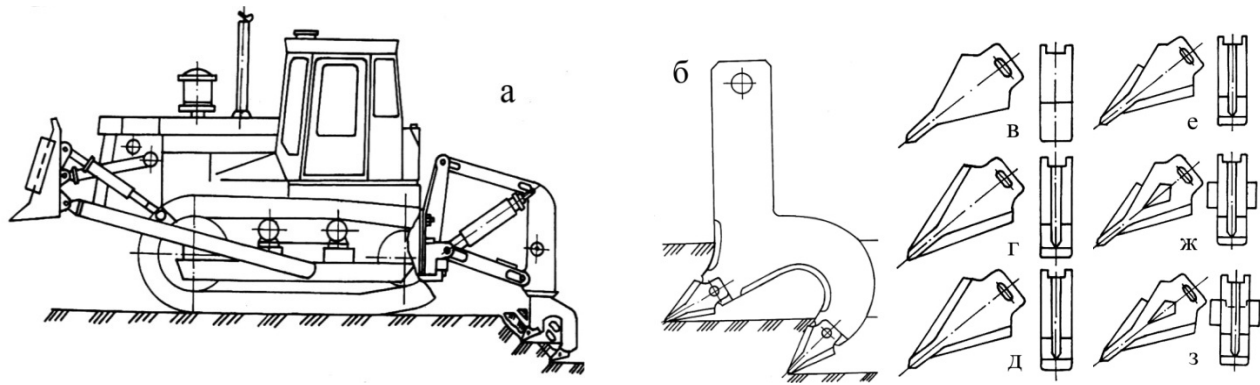


Рис. 15. Схемы рыхлительного рабочего оборудования к тракторам:
 а – общий вид гусеничного трактора с рыхлителем конструкции ДИСИ; б – общий вид рыхлителя с траекторно-последовательным расположением зубьев; в, г – наконечники соответственно без и с ребрами жесткости; д, е – асимметричные наконечники соответственно с удлиненными ребрами жесткости; ж, з – асимметричные с ребрами жесткости и с боковыми уширителями



Рис. 16. Параметрический ряд рыхлителей с траекторно-последовательным расположением рыхлящих зубьев на тракторах: а - Т-100, б - Т-130, в - ДЭТ-250, г - Т-330

- “только тяни” – два самоходных скрепера с помощью сцепно-толкающего устройства обеспечивают поочередное заполнение ковшей, причем передний скрепер работает в режиме тягача;

- “только толкай” – то же, но задний скрепер работает по схеме “только толкай”;

- “всегда вместе” – два скрепера соеди-

нены и все операции выполняют не разъединяясь;

- работа скрепера с толкачом — традиционный режим заполнения ковша.

В условиях агрегатирования самоходных скреперов в скреперный поезд достигается улучшение технико-экономических показателей в случае отказа от толкачей, а так

же существенная экономия энергетических и трудовых ресурсов [7].

Сформированные конструктивные схемы ковшей скреперов, например, с интенсификаторами комбинированного действия, показаны на рисунках 12, 13, 14.

Высокоэффективные рабочие органы рыхлителей на базе тракторов и экскаваторов. Для разработки прочных и мерзлых грунтов, а также старых асфальтобетонных покрытий создано рыхлительное оборудование на базе гусеничных тракторов Т-130, Т-170 и др. [3; 4; 7].

Оборудование представляет собой четырехточечную параллелограммную подвеску с рабочим органом и двумя гидроцилиндрами управления (рис. 15). Рабочий орган выполнен в виде стойки с двумя рыхлящими зубьями, установленными на разном уровне и смещенными по длине относительно друг друга. Такое оборудование позволяет осуществлять рыхление высокопрочных грунтов на глубину 0,35...0,45 м для последующей его экскавации землеройными и землеройно-транспортными машинами. Наличие двух зубьев на стойке обеспечивает по сравнению с однозубым рыхлителем повышение производительности на 14...16 %, снижение динамических нагрузок на базовый трактор, увеличение производительности землеройных машин, работающих в комплексе с рыхлителями, на 24...26 %.

Вариантом исполнения рабочего органа рыхлителя с тракторным смещением зубьев является расположение их в поперечной плоскости, что обеспечивает разработку прорезей в грунте с вертикальными стенками.

Разработано высокопроизводительное рыхлительное оборудование, предназначенное для использования на базе отечественных гусеничных тракторов ДЭТ-250М, Т-330. Оборудование представляет собой три рыхлительных зуба, смонтированных в общем корпусе так, что спереди расположена пара зубьев в одном уровне, которые могут фиксированно отклоняться от вертикальной оси в противоположные стороны на угол 0...45°, а задний рыхлительный зуб установлен в вертикальной плоскости симметрии рыхлительного оборудования. При этом

Рыхлитель с таким рабочим органом целесообразно использовать при выполнении траншей под инженерные коммуникации. Составной частью тракторного или экскаваторного рыхлителя является наличие съемных наконечников (рис. 15, в, г), которые увеличивают долговечность рыхлительных зубьев. Кроме того, замена изношенных наконечников на новые обеспечивает снижение энергоемкости процесса рыхления, сокращает расход топлива, увеличивает производительность рыхлителей. Разработаны наконечники для рыхлителей на базе тракторов класса 10, 25 и 35, отличительной особенностью которых является наличие на их лобовой и тыльной гранях выступов, причем смещенных относительно друг друга (рис. 15, д, е).

Это позволяет устранить затирание заднего выступа о грунт при заглублении рыхлителя, уменьшить площадку износа, увеличить долговечность наконечников. Для увеличения объема разрушаемого грунта боковые поверхности наконечников оснащаются уширителями, которые выполняются съемными, так как являются наиболее изнашиваемой частью наконечников (рис. 15, ж, з). В зависимости от механических свойств грунтов уширители могут быть призматическими, цилиндрическими и др.

Схемы совершенствования подвесок и рабочих органов рыхлителей показаны на рисунках 16, 17.

На рисунке 18 показано рыхлительное оборудование применительно к одноковшовому гидравлическому экскаватору [7].

продольное расстояние между парой передних и задними зубьями выполнено не менее 0,8...0,9 от общей глубины рыхления.

Возможные варианты схем расположения рыхлительных зубьев в корпусе показаны на рисунке 18.

Монтаж оборудования возможен как на существующие рыхлители ДП-9ВХЛ (базовый трактор ДЭТ-250М), ДП-10С (базовый трактор Т-330), в этом случае оно устанавливается вместо рыхлительного зуба, так и на собственную четырехзвенную параллелограммную подвеску.

Представленное рыхлительное оборудование позволяет рационально и полно использовать мощность базовой машины, разрабатывать мерзлые и прочные грунты и аналогичные среды с широким диапазоном физико-механических свойств. При этом производительность трехзубого рыхлителя увеличивается по сравнению с однозубым и двухзубым рыхлителями с расположением зубьев в одной продольной вертикальной плоскости на 18...24 %. Достигается снижение кусковатости разрыхленного грунта в 1,6...1,8 раза, увеличивается глубина рыхления на один проход на 20...25 %.

Совершенствование конструкций ковшей драглайнов. Ковши драглайна с траекторно-последовательным смещением режущих ножей по длине. Основным недостатком существующих ковшей экскаваторов-драглайнов с полукруглой режущей кромкой является то, что их конструкция не обеспечивает зачистку дна траншей и котлованов, кроме того, при разработке прочных грунтов в начальный период зачистки ковш опрокидывается вперед, что характеризует его высокую энергоемкость.

Предложена новая конструкция ковша, обеспечивающая не только хорошо протекающий процесс копания, но и зачистку поверхности оснований котлованов и траншей

при низких энергозатратах этих видов работ (рис. 19, а). Особенность конструкции ковша заключается в наличии двух режущих кромок, повышающих эффективность процесса копания (снижение энергоемкости, улучшение планировочной и зачистной способности, а также условий заполнения ковша грунтом, повышение производительности). Передняя режущая кромка выполнена полукруглой и снабжена зубьями, а задняя – прямолинейной и сплошной по всей ширине ковша.

При горизонтальной установке ковша нижние линии обеих режущих кромок установлены на одном уровне. Но так как при копании грунта ковш наклоняется назад, задняя режущая кромка выполнена по высоте так, что опускается ниже передней. В данной конструкции использован эффект копания полукруглой кромкой с зубьями, основанный на снижении сил трения грунта о боковые стенки внутри ковша. Грунт в ковш поступает одновременно с передней и задней режущих кромок. Вместимость ковша новой конструкции с двухножевой системой копания составляет $0,9 \text{ м}^3$, ее увеличение по сравнению с традиционной достигнуто за счет установки в задней части ковша прямолинейного ножа.

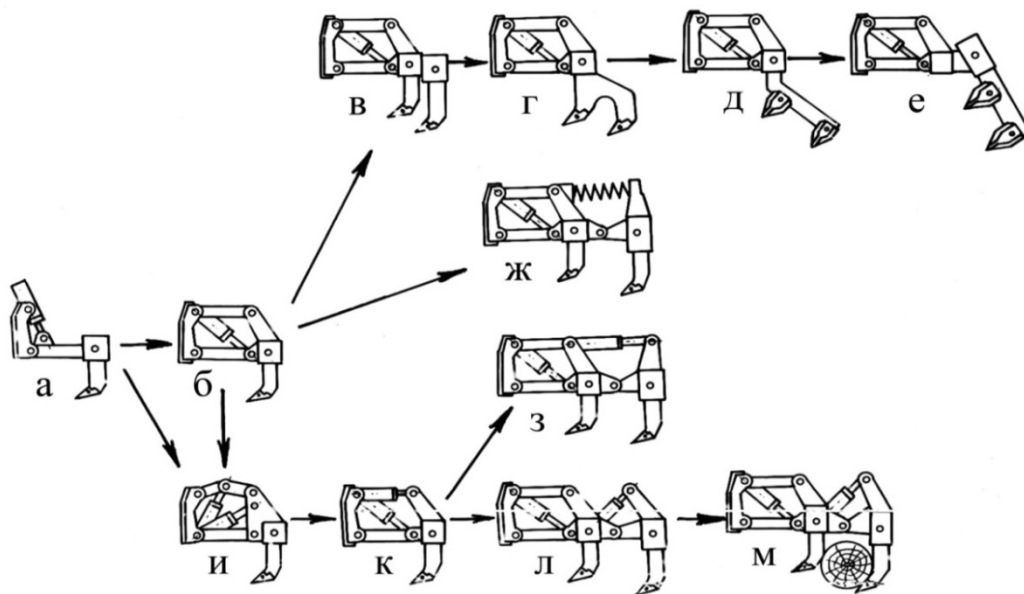


Рис. 17. Схемы совершенствования подвесок рабочих органов рыхлителей

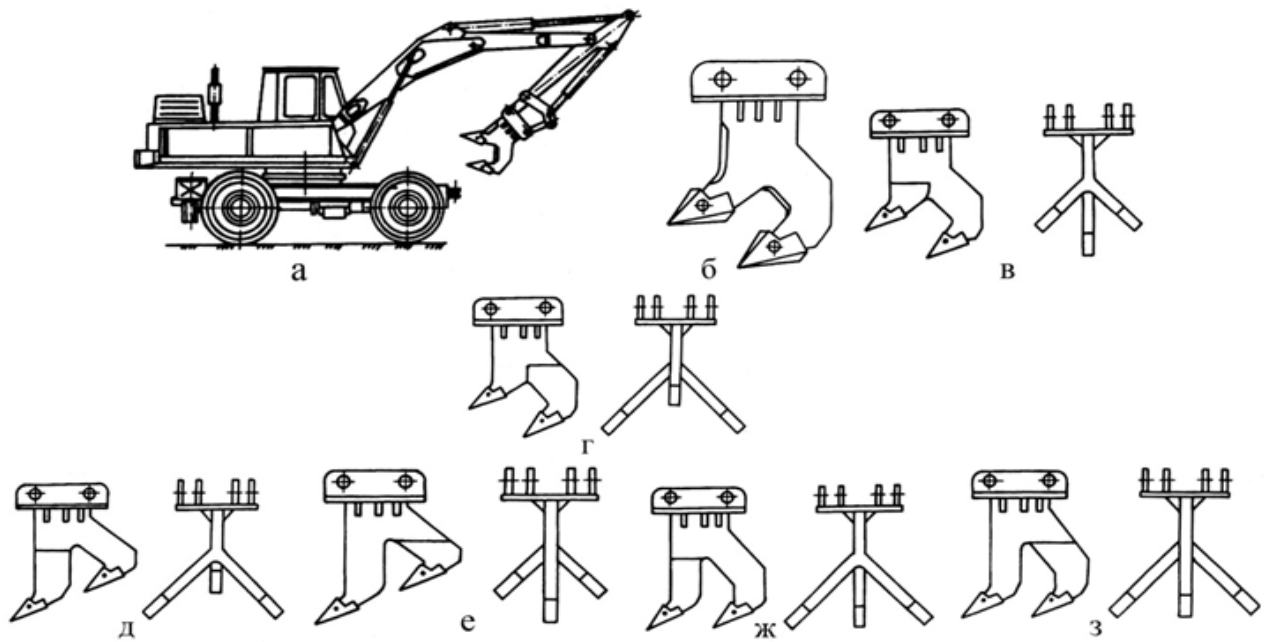


Рис. 18. Рыхлительное рабочее оборудование к гидравлическому экскаватору:
 а – общий вид; б – рыхлительный рабочий орган;
 в, г, д, е, ж, з – варианты рыхлительного рабочего оборудования к одноковшовым экскаваторам

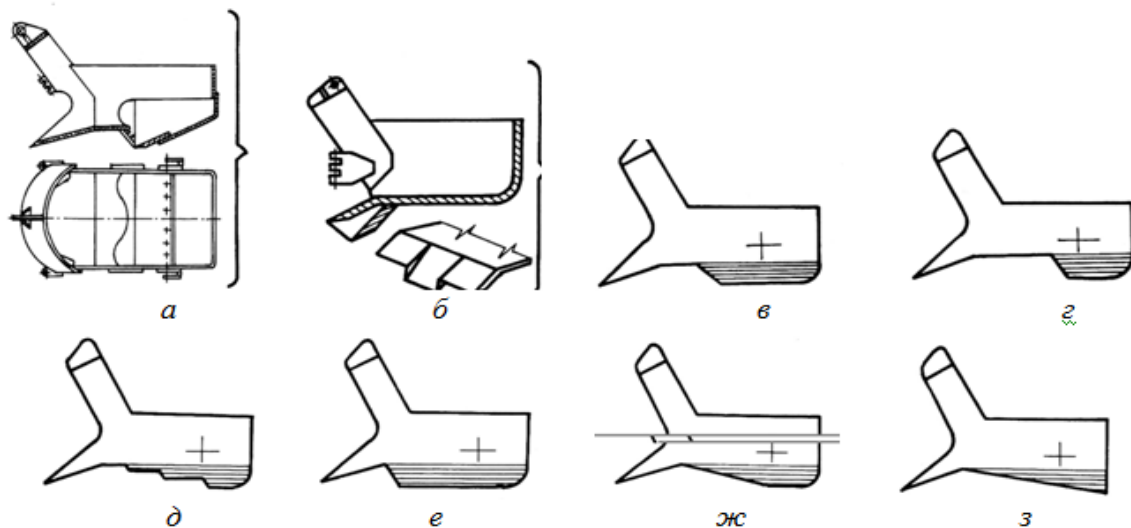


Рис. 19. Ковши драглайнов конструкции ДИСИ:
 а – с тракторным расположением режущих ножей; б – с различными углами резания;
 в – з – варианты ковшей драглайнов увеличенной вместимости

Ковш драглайна с тракторным смещением режущих ножей с различными углами резания. В данной конструкции ковша, разработанной в ПГАСА, используется эффект, основанный на снижении силы сопротивления копанью грунта и увеличении толщины стружки грунта, что приводит к уменьшению пути заполнения ковша (рис. 19, б).

Особенность конструкции ковша – наличие двух тракторно смещенных режущих кромок, установленных под различными углами резания, что обеспечивает повышение

эффективности рабочего процесса – снижение энергоемкости, улучшение условий заполнения ковша грунтом и повышение производительности, особенно при разработке прочных и мерзлых грунтов. Существенным отличием испытываемого ковша от известных аналогов является средняя часть режущей кромки ковша ($B_g \approx 1/3 \cdot B$, где B – ширина ковша), имеющая большой угол рыления и выдвинутая вперед по отношению к боковым режущим кромкам. Кроме того, средняя и боковые режущие кромки ковша

снабжены зубьями.

Ковши драглайнов увеличенной вместимости. В результате теоретических и экспериментальных исследований сформированы различные конструкции ковшей драглайнов [4; 7]. Установлено, что одним из резервов возможного повышения производительности драглайнов является увеличение геометрической вместимости (увеличение длины ковша, ширины, высоты боковых стенок). Изменение указанных параметров приводит к увеличению производительности. Изменение вместимости может рассматриваться, главным образом, за счет изменения длины ковша и его высоты, т. к. ширина ковша является величиной фиксированной.

Поиск и оптимизация вместимости ковшей драглайнов позволили сформировать различные варианты решений (рис. 19, в, г, е, ж, з). Особенностью представленных ковшей драглайнов стала реализация резерва увеличения геометрической вместимости, находящейся за режущей кромкой под днищем и ранее не используемая.

Указанный резерв изменения вместимости может быть различной конфигурации и размеров и иметь существенное дополнение к вместимости базового ковша. Применение ковшей данной конструкции позволяет снизить нагрузки на рабочее оборудование на 10...12 %, повысить производительность драглайнов в среднем на 15...18 % при

улучшении удельных технико-экономических показателей.

При этом конструктивные изменения базового ковша незначительны и сводятся к модернизации днища (рис. 20).

С помощью методов многокритериальной оптимизации получена конструкция ковша драглайна с рациональными параметрами. Применение ковшей с рациональными параметрами позволяет уменьшить нагрузки на рабочее оборудование на 8...10 % и увеличить производительность на 10...15 % (рис. 20).

Достоинством таких ковшей (с увеличенной вместимостью и традиционной конструкцией ковшей драглайна с рациональными параметрами) также следует считать то, что ширина режущей кромки у них остается неизменной (что важно с точки зрения технологичности процесса разработки грунта драглайнами) при обеспечении лучшей устойчивости.

Ковши драглайнов с поддерживающими опорными колесами. Использование ковшей драглайнов с поддерживающими колесами позволит достичь значительного увеличения массы грунта в ковше в среднем на 15...35 %.

В результате проведенных исследований предложены конструкции ковшей увеличенной вместимости и с поддерживающими колесами (рис. 21).



Рис. 20. Ковши драглайнов с двухножевой системой копания

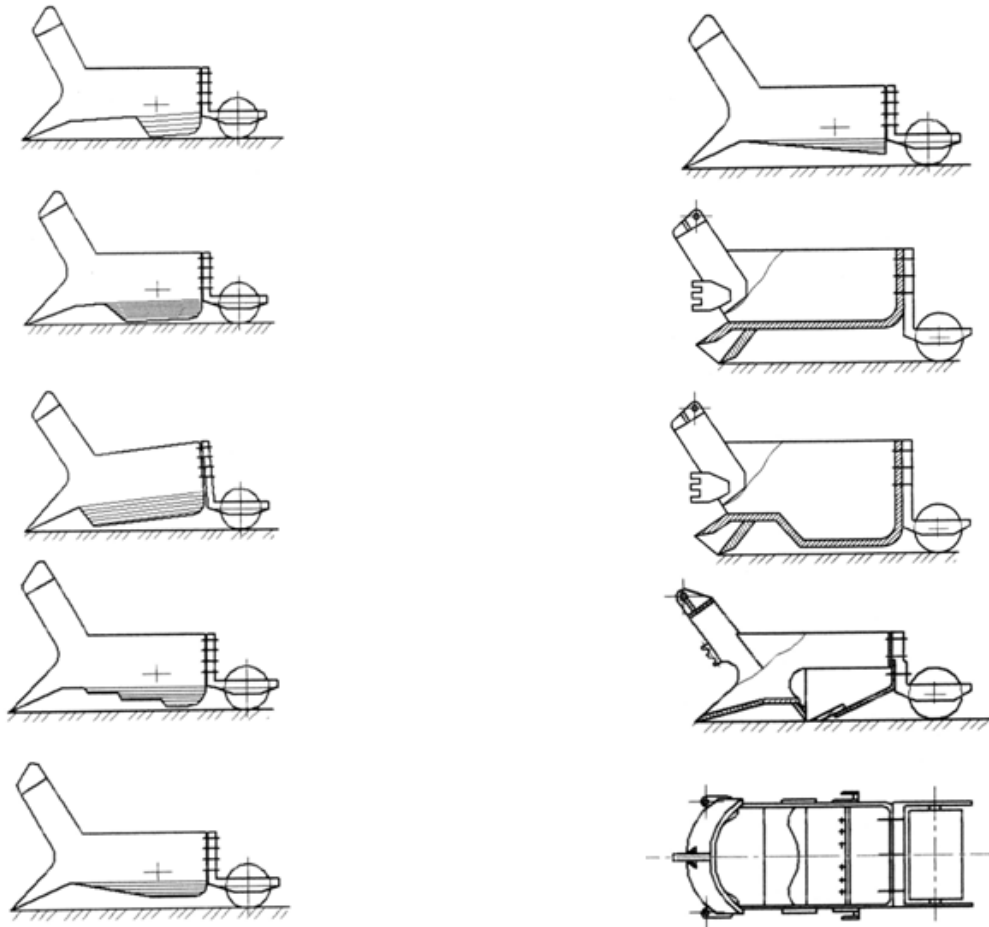


Рис. 21. Варианты технических решений создания ковшей драглайнов повышенной эффективности с поддерживающими опорными колесами: ковши увеличенной вместимости с поддерживающими опорными колесами

Землеройно-манипуляторное оборудование многоцелевого назначения. Увеличивающаяся стоимость машин, оснащенных автоматизированными системами, трудности с трудовыми ресурсами приводят к необходимости выпускать универсальные машины с многоцелевыми рабочими органами и строительные манипуляторы. Разработаны различные варианты многоцелевых землеройно-манипуляторных рабочих органов, предназначенных для установки на одноковшовых гидравлических экскаваторах: ковш обратной лопаты с челюстным захватом (рис. 22); ковш обратной лопаты с челюстным захватом и шарнирной вставкой, обеспечивающей дополнительную степень свободы с гидроцилиндром поворота ковша на рукояти или на вставке [4; 5; 7]; ковш с челюстью и ротационным механизмом и управляемый двухпальцевый захват.

Рабочие органы с челюстным ковшом (особенно при наличии дополнительной подвижности ковша) выполняют функции руки человека, что позволяет отнести машину к оборудованию манипуляторного типа. Таким оборудованием помимо операций копания обратной лопатой без смены рабочего органа можно выполнять грейферные работы, а также захватывать предмет и ориентировать его в пространстве в любом положении (рис. 22).

Одним из перспективных многоцелевых рабочих органов гидравлических экскаваторов является схват-рыхлитель, позволяющий значительно расширить функции традиционного зуба-рыхлителя.

Оборудование представляет собой шарнирно связанные рыхлительную стойку и челюсть [7]. Стойка монтируется на рукояти вместо ковша и управляется гидроци-

линдром базового экскаватора (рис. 23, 24), а челюсть смонтирована на стойке и управляется дополнительным гидроцилиндром, в качестве которого использован укороченный гидроцилиндр выносной опоры ЭО-2621А. Рыхлительная стойка снабжена одним вертикальным зубом, а челюсть – двумя наклонными в поперечной плоскости зубьями. Испытания схвата-рыхлителя показали, что он позволяет выполнять следующие операции: послойное рыхление мерзлых грунтов зубьями стойки и челюсти, клещевое скалывание (взламывание) ас-

фальтобетонных покрытий (рис. 23, а, в) и мерзлого слоя грунта; срыв асфальтобетонных покрытий зубом стойки; клещевое разрушение стен одноэтажных зданий (рис. 23, б) с одновременной погрузкой обломков; растаскивание завалов; извлечение бордюрных камней при ремонте дорог (рис. 23, г, д), погрузочно-разгрузочные и монтажные работы с гранитными и железобетонными бордюрными камнями, трубами (рис. 23, е) и другими штучными грузами без выполнения строповки.

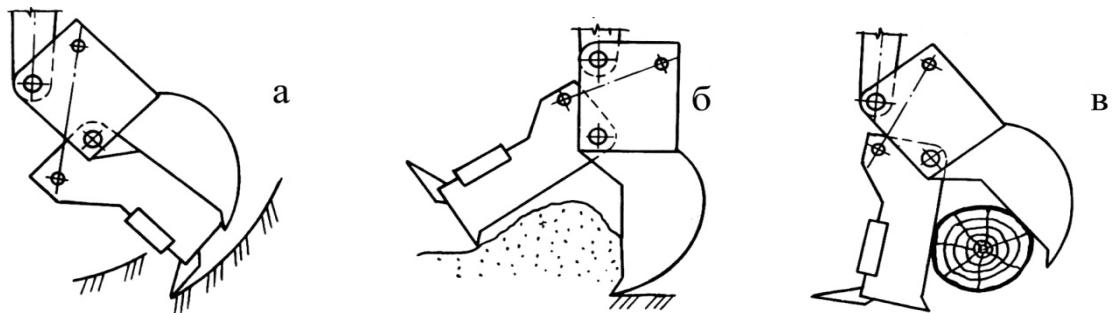


Рис. 22. Рабочее оборудование многоцелевого назначения на базе одноковшового экскаватора: а – копанье грунта ковшом увеличенной вместимости; б – работа в режиме грейфера; в – захват груза

Рабочее оборудование многоцелевого назначения манипуляторного типа в виде двухпальцевого схвата может быть смонтировано также на малогабаритном погрузчике (рис. 25, а), колесном тракторе (рис. 25, б) и гусеничном тракторе (рис. 25, в).

Расширить технологические возможности гидравлического экскаватора с челюстным ковшом позволяет оснащение его комплектом сменных быстросхватываемых рабочих органов (рис. 26). В данном рабочем оборудовании челюстной ковш экскаватора используется для захвата и удержания дополнительного сменного рабочего органа. Каждый сменный рабочий орган комплекса оснащается универсальным присоединительным оголовком 1, который захватывается задней 2 и передней 3 челюстями ковша. На универсальном присоединительном оголовке монтируются рабочие органы. Для повышения надежности крепления рабочего органа к челюстному ковшу присоединительный оголовок оснащен механическим фиксатором 4, обеспечивающим жесткое крепление рабочего органа к передней

челюсти ковша.

Рабочие органы комплекта рационально применять для выполнения малообъемных, сопутствующих видов земляных работ при работе основного рабочего оборудования экскаватора. Также данный комплект эффективно применять на работах, требующих частой смены рабочих органов. Например, использование челюстного ковша, сменных отвального рабочего органа и вибротрамбовки позволяет осуществить полную механизацию работ по обратной засыпке и уплотнению грунта в стесненных местах, так же как в первичные слои уплотняемого грунта в пазухах фундаментов под колонны, в траншее при прокладке трубопроводов в узких и глубоких пазухах, образуемых подземными конструкциями и крутыми откосами котлована.

Возможность повышения ширины отвала по сравнению с шириной ковша позволяет повысить качество и производительность выполнения зачистных работ за счет уменьшения количества проходов по зачищаемой поверхности.

При зачистке дна траншей перед уклад-

кой инженерных коммуникаций к челюстному ковшу целесообразно придавать отвальный рабочий орган с шириной, равной ширине дна траншей, что позволяет повысить качество и производительность зачист-

ных работ. Также отвал можно оснастить специальной режущей кромкой для образования по дну траншеи выкружки под укладываемый трубопровод или устройства прямков для стыковки труб между собой.

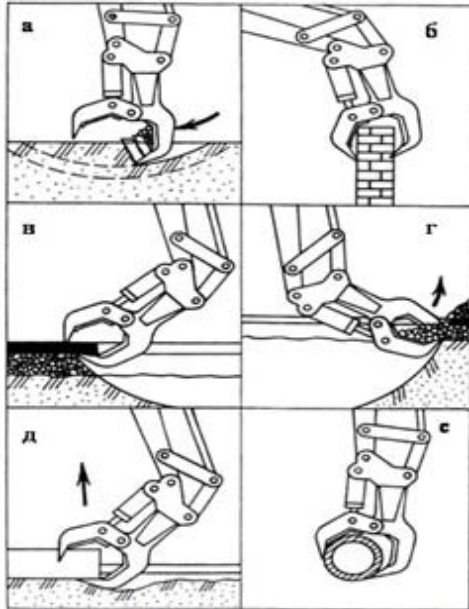


Рис. 23. Рабочие процессы землеройно-манипуляторного рабочего органа в виде двухпальцевого схвата

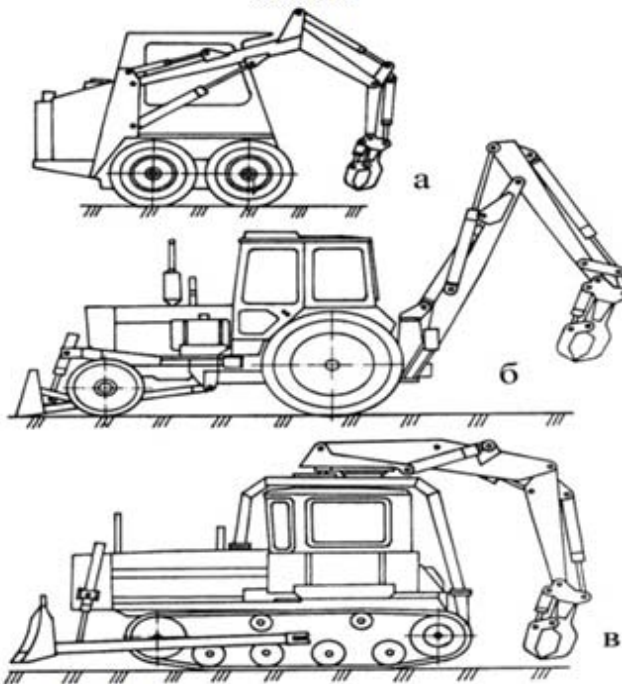


Рис. 25. Общий вид гидравлического строительного манипулятора на базе малогабаритного погрузчика (а), колесного (б) и гусеничного (в) трактора

Применение рабочего органа в виде шнекового бура обеспечивает возможность выполнения малообъемных работ по копа-



Рис. 24. Рабочий орган в виде двухпальцевого схвата на базе гидравлического экскаватора ЭО-2621В-3

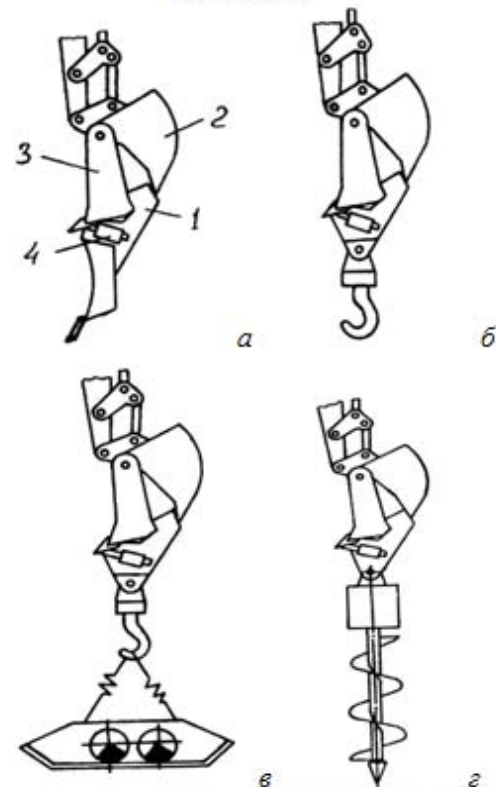


Рис. 26. Комплект сменных быстрозахватываемых рабочих органов к челюстному ковшу гидравлического экскаватора: а – отвал; б – крюковая подвеска; в – вибротрамбовка; г – шнековый бур

нию ям под посадку деревьев, установку столбов, дорожных знаков, где специализированную машину невозможно загрузить

эффективно в течение смены.

Экскаваторное рабочее оборудование телескопического типа

Автором данной статьи продолжено формирование телескопического рабочего оборудования одноковшового экскаватора. При этом на рабочее оборудование установлено по два телескопа – соответственно на стрелу и рукоять. При этом рассмотрены различные варианты рабочего оборудования (рис. 27).

Приспособление экскаватора к различным условиям эксплуатации обуславливает необходимость создания рабочего оборудо-

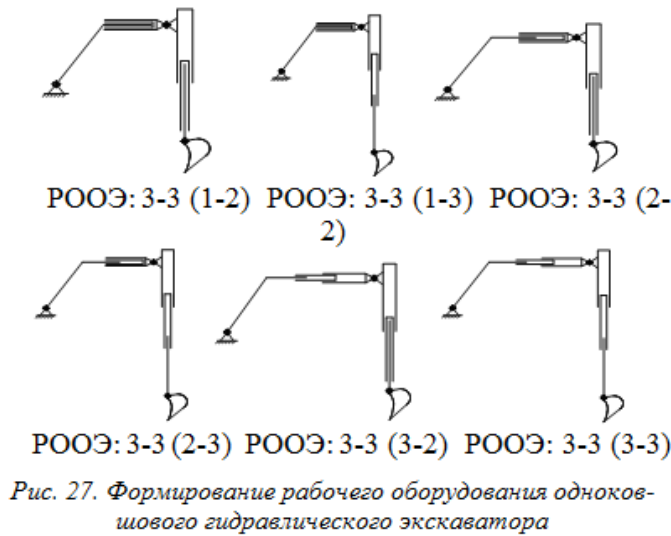


Рис. 27. Формирование рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора

вания с меняющимися линейными геометрическими параметрами (рис. 28). В отличие от известных экскаваторов АТЕК и экскаваторов фирмы Caterpillar, в конструкции рассмотренного рабочего оборудования ПГАСА телескопическое выдвижение имеют стрела и рукоять. Это расширяет область эффективного применения данного оборудования. Особенно удачно применение на телескопическом рабочем оборудовании двухпальцевого схвата, ковша с гидроуправляемой челюстью и др.

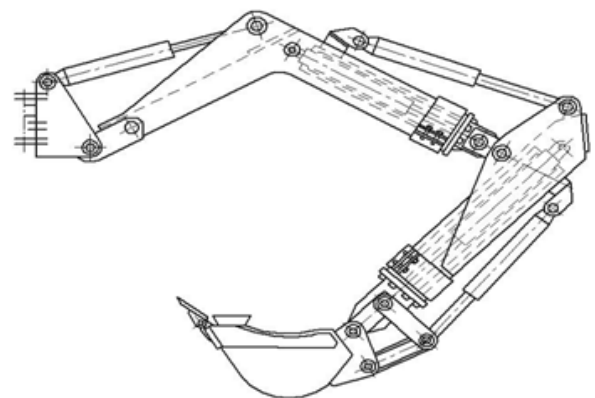


Рис. 28. Телескопическое рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора при втянутых телескопах стрелы и рукояти

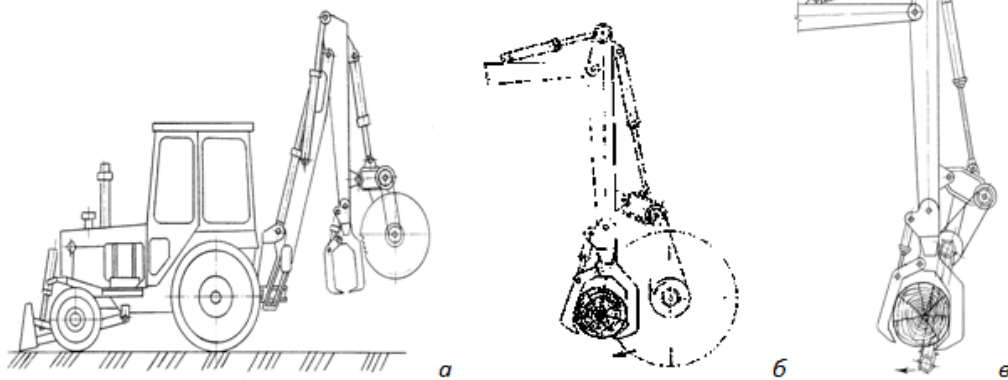


Рис. 29. Оборудование для работы в экстремальных условиях:
а – базовая машина с рабочим оборудованием в виде двухпальцевого схвата и дисковой пилы;
б – процесс схвата деревянного материала и распиливание дисковой пилой; в – то же, цепной пилой

Экскаваторное рабочее оборудование для работы в экстремальных условиях по ликвидации последствий стихийных бедствий

Разработана конструкция специального рабочего оборудования в виде двухпальце-

вого схвата с оснащением его пилой, например, дискового типа, цепного типа (рис. 29). Использование рассмотренного оборудования позволяет осуществлять схват деревянных предметов, их распиливание, погрузку и т. п. Особенно эффективно применение

такого оборудования при разборке завалов от упавших деревьев в результате стихийных бедствий (ураган).

Экскаваторное рабочее оборудование для работы в зоне радиационной загрязненности (рис. 30)

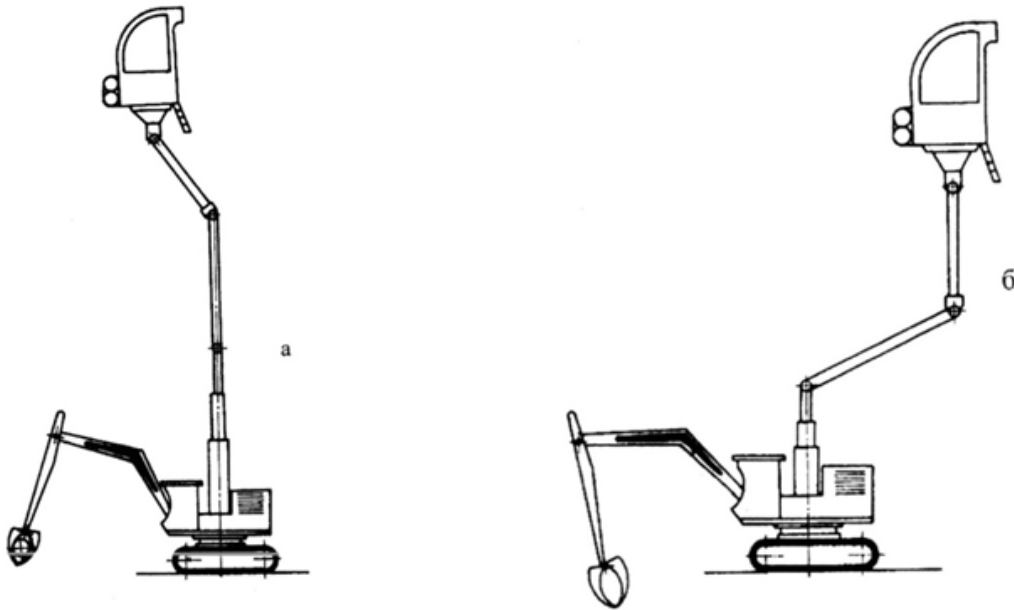


Рис. 30. Землеройно-манипуляторное рабочее оборудование на базе экскаватора для работы по разборке завалов в зоне радиационной загрязненности: а, б – разные положения кабины управления зависимости от времени года

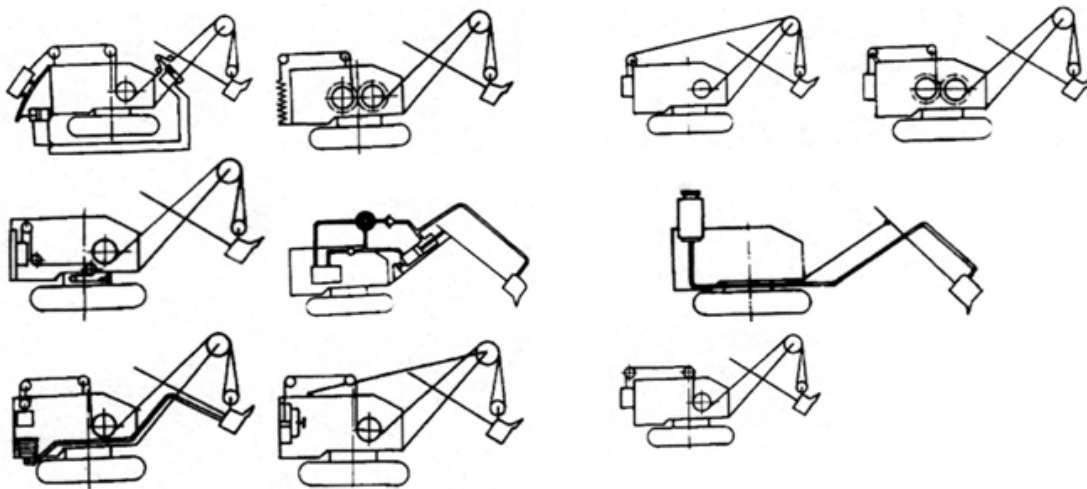


Рис. 31. Примеры аккумуляторов потенциальной энергии для одноковшовых экскаваторов

Указанное оборудование, кроме специального рабочего органа, выполненного, например, в виде двухпальцевого схвата, снабжено специальной дополнительной кабиной управления экскаватором. Кабина имеет специальную защиту в виде покрытия от проникновения радиации внутрь. Кабина также установлена на телескопическо-рычажном механизме, что позволяет уда-

лять оператора от непосредственного очага загрязненной зоны.

Применение аккумуляторов потенциальной энергии в строительных машинах. Автор в течение 30 лет проводит исследования по разработке аккумуляторов потенциальной энергии для использования в дорожно-строительных машинах [11]. Предложены конструктивные решения СДМ,

обеспечивающие накопление и использование запасенной энергии, что позволяет: снизить потребную мощность в среднем на 25...30 %, достичь увеличения КПД на 25...30 %, улучшения технико-экономических показателей.

На рисунке 31 представлены примеры сформированных аккумуляторов потенциальной энергии применительно к одноковшовым экскаваторам.

Научное сопровождение строительных и дорожных машин на этапе их выбора, использования. Применительно к машинам для земляных работ предложены уточненные формулы производительности, учитывающие определенные факторы при выборе машин: объем работ, условия их ведения, грунтовые условия, повышение эффективности рабочего органа, фактор времени, скорость машины.

Выводы. Представлено научное сопровождение строительных машин на этапе их выбора, на основании показателей материалоемкости, энергоемкости, обобщенного показателя экономии материальных и энергетических ресурсов, дополненных исходными данными – фактором продолжительности выполнения работ, объемом работ, а также конструктивными особенностями земляного сооружения, представленного в формализованном виде через геометрические параметры для идентификации под технические характеристики машин.

Научно обосновано и реально на практике получено научное сопровождение строительных машин (бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, экскаваторы) при их выборе по технико-экономическим и эксплуатационным показателям.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баладинский В. Л. Новое сменное навесное оборудование к тракторам и экскаваторам / Баладинский В. Л., Фомин А. В. // Механизация строительства. – 1992. – № 8. – С. 6-8.
2. Баловнев В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / Баловнев В. И., Хмара Л. А. – Москва : Транспорт, 1983. – 183 с.
3. Баловнев В. И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – Москва : Транспорт, 1993. – 383 с.
4. Баловнев В. И. Повышение производительности машин для земляных работ / Баловнев В. И., Хмара Л. А. – Киев : Будівельник, 1988. – 152 с.
5. Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика) : пер. с англ. / Крон Г. – Москва : Наука, 1972. – 544 с.
6. Машины для строительства и работ в жилищно-коммунальном хозяйстве города и поселка / Баловнев В. И., Бакагин Ю. П., Кустарев Г. В. [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 1992. – № 1. – С. 22-25.
7. Современные скреперы с механизированной загрузкой : обзор. информ. / Баловнев В. И., Ронинсон Э. Г., Толмачев А. Н. [и др.]. – Москва : ЦНИИТЭстроймаш, 1990. – 41 с.
8. Строительные роботы и манипуляторы / Баловнев В. И., Хмара Л. А., Станевский В. П., Немировский П. И. – Киев : Будівельник, 1991. – 136 с.
9. Хмара Л. А. Модернизация и повышение производительности строительных машин / Хмара Л. А., Колесник Н. П., Станевский В. П. – Киев : Будівельник, 1992. – 152 с.
10. Хмара Л. А. Определение производительности бульдозеров с отвалом, оснащенным выступающими ножами / Хмара Л. А., Коротких В. Б. // Горные, строительные, дорожные и мелиоративные машины / Киев. инж.-строит. ин-т. – 1992. – № 47. – С. 11-17.
11. Хмара Л. А. Применение аккумуляторов потенциальной энергии в строительных машинах (на примере одноковшового экскаватора) / Л. А. Хмара // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 33 : Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. – С. 17-33. – (Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование).

REFERENCES

1. Baladinskiy V. L., Fomin A. V. *Novoe smennoe navesnoe oborudovanie k traktoram i ekskavatoram* [The new replaceable hinged equipment to tractors and excavators]. *Mekhanizatsiya stroitel'stva* – Construction mechanization. 1992, no. 8, pp. 6-8. (in Russian).
2. Balovnev V. I., Khmara L. A. *Intensifikatsiya zemlyanykh rabot v dorozhnom stroitel'stve* [Intensification of ground works in road construction]. Moscow, Transport, 1983. 183 p. (in Russian).

3. Balovnev V. I., Khmara L. A. *Intensifikatsiya razrabotki gruntov v dorozhnom stroitel'stve* [Intensification of development of ground works in road construction]. Moscow, Transport, 1993. 383 p. (in Russian).
4. Balovnev V. I., Khmara L. A. *Povyshenie proizvoditel'nosti mashin dlya zemlyanykh rabot* [Increase of productivity of cars for ground works]. Kiev, Budivelnyk, 1988. 152 p. (in Russian).
5. Kron G. *Issledovanie slozhnykh sistem po chastyam (diakoptika)* [Research of difficult systems in parts of (dioptrics)]. Moscow, Nauka, 1972. 544 p. (in Russian).
6. Balovnev V. I., Bakatin Yu. P., Kustarev G. V. *Mashiny dlya stroitel'stva i rabot v zhilishchno-kommunal'nom khozyaystve goroda i poselka* [Machines for building and works in housing and communal services of city and village]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. – Construction and road machines. 1992, no. 1, pp.22-25. (in Russian).
7. Balovnev V. I., Roninson E. G., Tolmachev A. N. *Sovremennye skrepery s mekhanizirovannoy zagruzkoy* [Modern scrapers with the mechanized loading]. Moscow, TsNIIEstroy mash, 1990. 41 p. (in Russian).
8. Balovnev V. I., Khmara L. A., Stanevskiy V. P., Nemirovskiy P. I. *Stroitel'nye roboty i manipulyatory* [Construction robots and manipulators]. Kiev, Budivelnyk, 1991, 136 p. (in Russian).
9. Khmara L. A., Kolesnik N. P., Stanevskiy V. P. *Modernizatsiya i povyshenie proizvoditel'nosti stroitel'nykh mashyn* [Modernisation and increase of productivity construction machines]. Kiev, Budivelnyk, 1992, 152 p. (in Russian).
10. Khmara L. A., Korotkikh V. B. *Opredelenie proizvoditel'nosti bul'dozerov s otvalom, osnashchennym vystupayushchimi nozhami* [Determination of productivity of bulldozers with a dump, equipped with blades]. *Gornye, stroitel'nye, dorozhnye i meliorativnye mashiny* – Mining, construction, road and meliorative machines. Kiev. inzh.-stroit. in-t. 1992, no. 47, pp. 11-17. (in Russian).
11. Khmara L. A. *Primenenie akkumulyatorov potentsial'noy energii v stroitel'nykh mashinakh (na primere odnokovshovogo ekskavatora)* [Use of accumulators of potential energy in construction machines (on an example of the single-bucket excavator)]. *Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie* – Construction. Materials Science. Mechanical engineering. Intensifikatsiya rabochikh protsessov stroitel'nykh i dorozhnykh mashin – Intensification of work process and construction machines. Dnepropetrovsk, 2005, no. 33, pp. 17-33. (in Russian).

Стаття рекомендована до друку 06.07.2015 р.

Рецензент: д. т. н. Заренбін В. Г.

Надійшла до редколегії: 18.06.2015 р. Прийнята до друку: 23.06.2015 р.