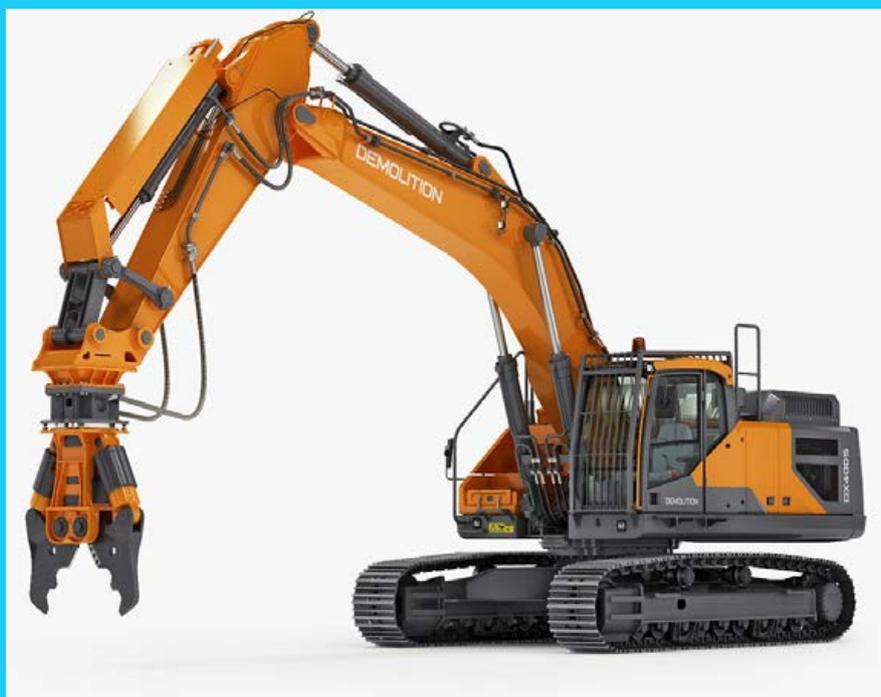


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ)»

Н.С. Галдин, И.А. Семенова

СПЕЦИАЛЬНОЕ РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭКСКАВАТОРОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Омск • 2020

УДК 625.76:626.226
ББК 39.311 – 06 – 5
Г15

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензенты:

д-р техн. наук В. Н. Сорокин (ОмГТУ);
д-р техн. наук, проф. Д. И. Чернявский (ОмГТУ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебного пособия.

Галдин, Николай Семенович.

Г15 Специальное рабочее оборудование экскаваторов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Галдин, И.А. Семенова. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2020. – URL: http://bek.sibadi.org/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe. – Режим доступа: для авторизованных пользователей.

Специальное рабочее оборудование (гидроножницы, гидробуры, бетоноломы, гидроударники и другое) широко используется в качестве сменного рабочего оборудования к дорожно-строительным машинам (ДСМ), в частности к экскаваторам.

Проведен анализ конструкций, технических характеристик, областей применения специального рабочего оборудования, используемого в качестве сменного навесного оборудования экскаваторов.

Предназначено для аспирантов, обучающихся по направлению подготовки «Машиностроение»; студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров, магистров «Наземные транспортно-технологические комплексы», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» и другим механическим специальностям вузов. Рекомендуется также инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием специального рабочего оборудования экскаваторов.

Подготовлено на кафедре «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод».

Текстовое (символьное) издание (4,6 МБ)

Системные требования: Intel, 3,4 GHz; 150 Мб; Windows XP/Vista/7; DVD-ROM;

1 Гб свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов:

Adobe Acrobat Reader; Foxit Reader

Редактор В.С. Черкашина

Техническая подготовка Н.В. Кенжалинова

Издание первое. Дата подписания к использованию

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2020

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях стесненного городского строительства возникает необходимость в использовании универсальных машин, способных выполнять широкий спектр решаемых задач. Особенно актуально эта проблема возникла в настоящее время в связи с масштабным строительством и реконструкцией.

В частности, появляется необходимость в использовании мощного оборудования, предназначенного для слома старых зданий и сооружений, а также разбора завалов. Оснащение строительства надежными, высокоэффективными, универсальными машинами, ускоренная замена устаревшей техники новой высокопроизводительной – один из важных рычагов повышения эффективности работ в строительстве.

Широкое применение гидропривода в таких отраслях машиностроения, как строительная, дорожная, сельскохозяйственная и транспортная техника, станкостроение и др., происходит благодаря его существенным преимуществам перед другими типами приводов и прежде всего возможностью получения больших усилий и мощностей при ограниченных размерах гидродвигателей. Гидроприводы отличаются высокой энергоемкостью, компактностью, небольшой инерционностью, удобством и легкостью управления, возможностью обеспечения рациональной компоновки, больших передаточных отношений и др. [1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 17, 18].

В современных условиях для интенсификации производственных процессов в различных отраслях промышленности широко используются гидравлические механизмы. Наибольшее применение они получают в качестве активных рабочих органов дорожно-строительных машин горных и других машин [2, 3, 11, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23].

В настоящее время одноковшовые гидравлические экскаваторы, являющиеся одними из ведущих многофункциональных строительных машин и имеющие многоцелевое назначение, находят все большее применение благодаря широкому применению сменных рабочих органов и рабочего оборудования. Использование широкой номенклатуры сменного рабочего оборудования и рабочих органов экскава-

торов повышает производительность машин и уровень механизации работ, позволяет снижать их стоимость и сокращать сроки выполнения работ в строительстве [9, 10, 11, 14, 16, 26, 27, 28, 29, 31, 32].

Использование навесного оборудования к одноковшовым экскаваторам позволяет выполнять планировку, рытье узких траншей, уплотнение грунта, очистные и погрузочно-разгрузочные работы, разрушение и разработку мерзлого грунта и скальных пород, взламывание бетонного и асфальтобетонного полотна дорог, разрушение зданий и сооружений с железобетонными и стальными конструкциями при реконструкции, расчистке завалов.

Среди сменного рабочего оборудования, которым оснащаются современные экскаваторы, можно выделить гидр노жницы, гидробуры манипуляторные челюстные ковши, крюковые подвески, грейферы, захваты, бетоноломы, гидромолоты, манипуляторы для лесозаготовительных работ и т.д.

В данном учебном пособии систематизированы и изложены основные сведения о конструкции, технических характеристиках, областях применения специального рабочего оборудования (гидр노жниц, гидробуров, бетоноломов, гидроударников и других), используемых в качестве сменного навесного оборудования экскаваторов.

1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ НОЖНИЦЫ

1.1. Общие сведения о гидравлических ножницах

При демонтаже, сносе и реконструкции зданий эффективным сменным инструментом, по сравнению с гидромолотом, по шумовибрационным характеристикам, а также для разрушения бетонных конструкций, имеющих арматуру, являются гидравлические ножницы (гидр노жницы).

Гидравлические ножницы относятся к навесному рабочему оборудованию, которое может устанавливаться на любые модели гидравлических экскаваторов вместо ковша. Гидр노жницы выпускаются

различными фирмами Германии, Кореи, Франции, России и другими странами [29, 32, 33, 35].

На рис. 1.1 представлен общий вид гидравлических ножниц, а на рис. 1.2 показан экскаватор с гидравлическими ножницами.



Рис. 1.1. Общий вид гидравлических ножниц

Гидравлические ножницы позволяют производить разрушение бетонных конструкций при сносе ветхих строений без сильного шума, аккуратно и четко производить разрезание армированного бетона. Также гидравлические ножницы эффективны при строительстве обширных жилых комплексов и фундаментов, разборе завалов разрушенных зданий после землетрясений или в других чрезвычайных ситуациях. Гидроножницы обладают достаточно высокой маневренностью и способны успешно работать в ограниченных условиях города, не создавая шума.



Рис. 1.2. Экскаватор с гидравлическими ножницами

Гидравлические ножницы, как правило, состоят из следующих основных элементов: верхней челюсти, нижней челюсти, гидроцилиндров и ножей. Верхняя челюсть обычно бывает подвижной и с помощью шарниров крепится к гидроцилиндрам.

Гидроцилиндры предназначены для управления верхней челюстью. Верхняя и нижняя челюсти предназначены для зажима какой-либо арматуры. Ножи предназначены для разрезания металлических конструкций или бетона. Усилие на штоке гидроцилиндра гидравлических ножниц зависит от силы резания, плеча от оси вращения верхней челюсти до гидроцилиндра, прочностных свойств материала.

Большинство моделей оснащены специальным гидравлическим механизмом, который обеспечивает свободное вращение гидроножниц на 360 градусов. Благодаря механизму вращения обеспечивается автоматический поворот в оптимальную позицию железобетонной плиты или какого-то другого объекта, захваченного гидроножницами.

Современные модели гидроножниц по своему назначению делятся на несколько основных типов:

- для резки металла;
- для разрушения бетона;
- для измельчения плит (железобетонных и др.);
- для работы с древесными материалами;
- универсальные;
- для подводных работ.

Гидроножницы для резки металла применяются для резки металлоконструкций. Гидравлические измельчители дробят и измельчают фрагменты железобетонных плит. Гидроножницы для лесоматериалов используются в работе с древесными материалами, в том числе пнями, бревнами, железнодорожными шпалами и древесным мусором.

На начальной стадии разрушения зданий с конструкциями из самых разных материалов применяются в основном универсальные гидроножницы.

Гидроножницы для подводных работ используются в тяжелых условиях морской нефтедобывающей промышленности специально для

установки, перемещения и разрезания морских буровых платформ и трубопроводов под водой.

Возможности экскаватора для установки на него навесных гидравлических ножниц определяются массой экскаватора, мощностью насосной установки и приводного двигателя, номинальным давлением и подачей насоса. Гидравлические ножницы присоединяются к стреле (рукояти) и гидросистеме экскаватора.

К основным конструктивным параметрам гидроножниц относятся:

- масса гидроножниц;
- максимальная ширина раскрытия челюстей;
- сила разрушения на режущей части;
- сила разрушения в начале челюстей;
- сила разрушения на конце челюстей;
- сила резания;
- режущая способность (арматура);
- режущая способность (двухтавровая балка);
- общая длина;
- общая ширина;
- длина режущей части;
- глубина челюсти;
- номинальное давление;
- механизированное вращение на 360 градусов;
- масса базового экскаватора.

Проектирование объектов, гидравлических ножниц в частности, начинается с разработки технического задания (ТЗ), тщательного анализа возможных конструкторских решений. Проектирование гидравлических ножниц представляет собой процесс, включающий синтез структуры объекта, выбор параметров элементов. Затем создается математическая модель разрабатываемого объекта. Построив математическую модель, приступают к ее исследованию, изучению ее свойств, стремясь выяснить, в какой мере разработанный объект соответствует своему назначению.

На основе регрессионного анализа статистических данных технических характеристик гидравлических ножниц различных фирм была

установлена функциональная зависимость между усилием резания и массой гидножниц [12]:

$$T = -0,0002M^2 + 2,7151M - 956,75, \quad (1.1)$$

где T – усилие резания, кН; M – масса гидножниц, кг; $M \in (750, 5500)$.

Усилия резания, развиваемые гидравлическими ножницами, для разделки металлолома и разрушения железобетонных покрытий достигают величин от 500 до 6500 кН при массе от 750 до 5500 кг (см. рис. 1.3).

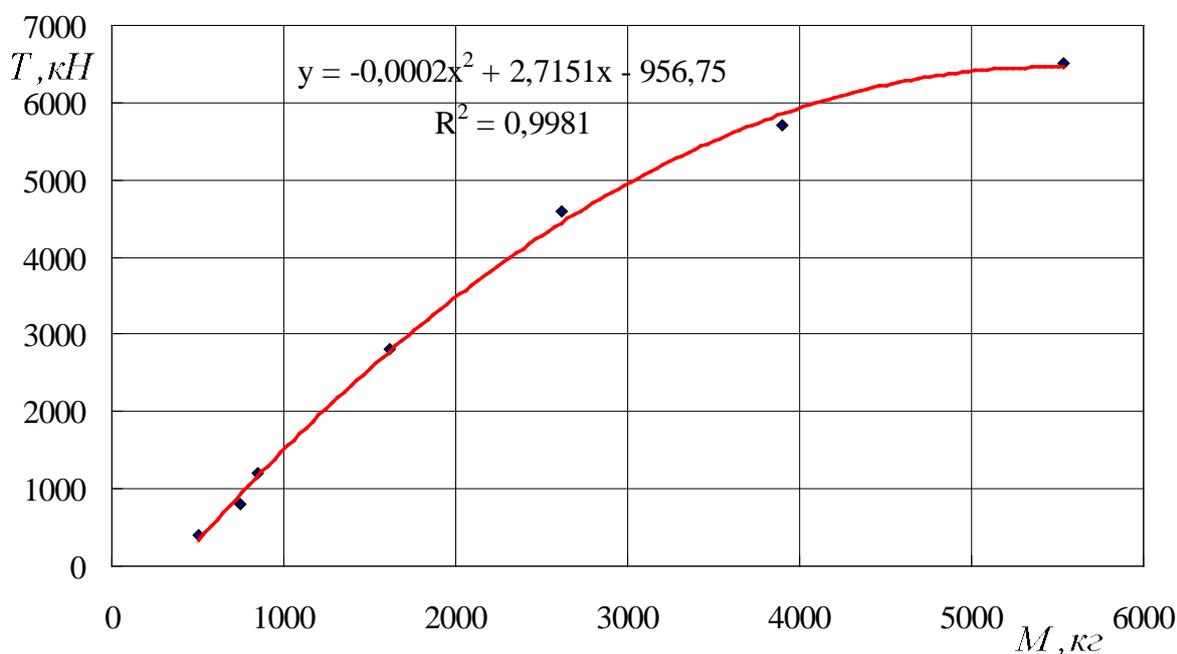


Рис. 1.3. Зависимость усилия резания от массы гидравлических ножниц

Усилие резания зависит от многих факторов: площади сечения среза, геометрических размеров режущих ножей, физико-механических свойств материала и других.

В результате регрессионного анализа статистических данных установлена функциональная зависимость массы гидравлических ножниц от глубины челюстей и длины гидножниц [12]:

$$M = 16,25G - 0,5721L - 4148, \quad (1.2)$$

где M – масса гидрожниц, кг, G – глубина челюстей гидрожниц, мм; $G \in (400, 950)$; L – длина гидрожниц, мм; $L \in (2500, 4500)$.

На рис. 1.4 представлена зависимость массы гидравлических ножниц от глубины челюстей и длины гидрожниц. Из графика видно, каким образом с увеличением глубины челюстей и длины гидрожниц изменяется масса гидрожниц.

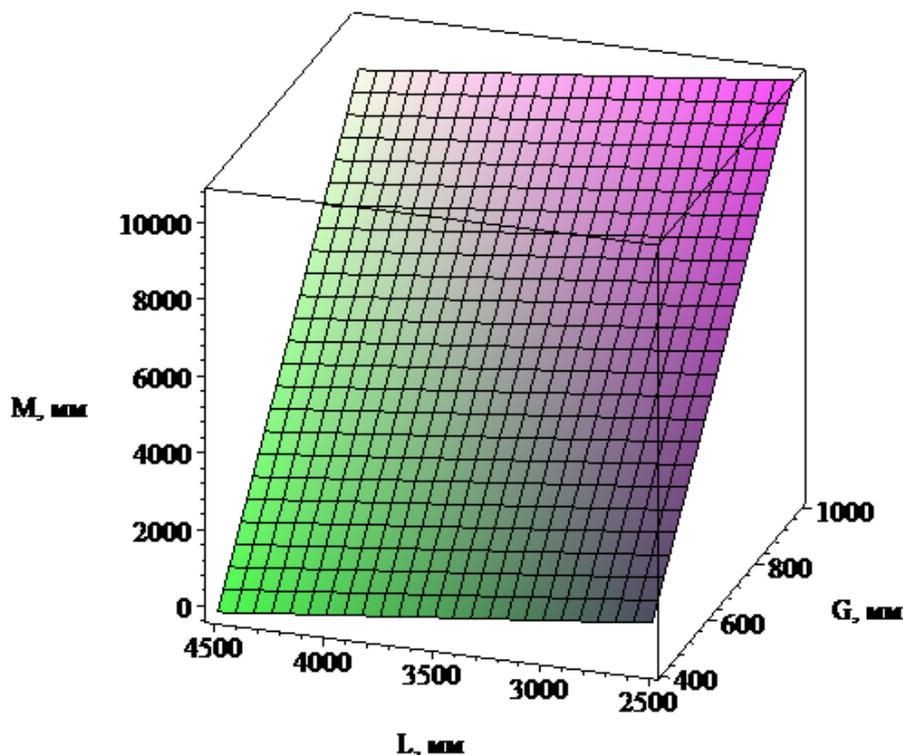


Рис. 1.4. Зависимость массы гидравлических ножниц от глубины челюстей и длины гидрожниц

Установлена функциональная зависимость между массой гидравлических ножниц и диаметром металлического прутка, разрезаемого гидрожницами [12]:

$$M = 79,874d - 2359,9, \quad (1.3)$$

где M – масса гидрожниц, кг; d – диаметр металлического прутка, мм, $d \in (50, 140)$.

На рис. 1.5 представлена зависимость массы гидрожниц от диаметра металлического прутка, разрезаемого гидрожницами. Из графика видно, что с увеличением диаметра металлического прутка, который требуется разрезать гидрожницами, необходимо выбирать гидрожницы с большей массой.

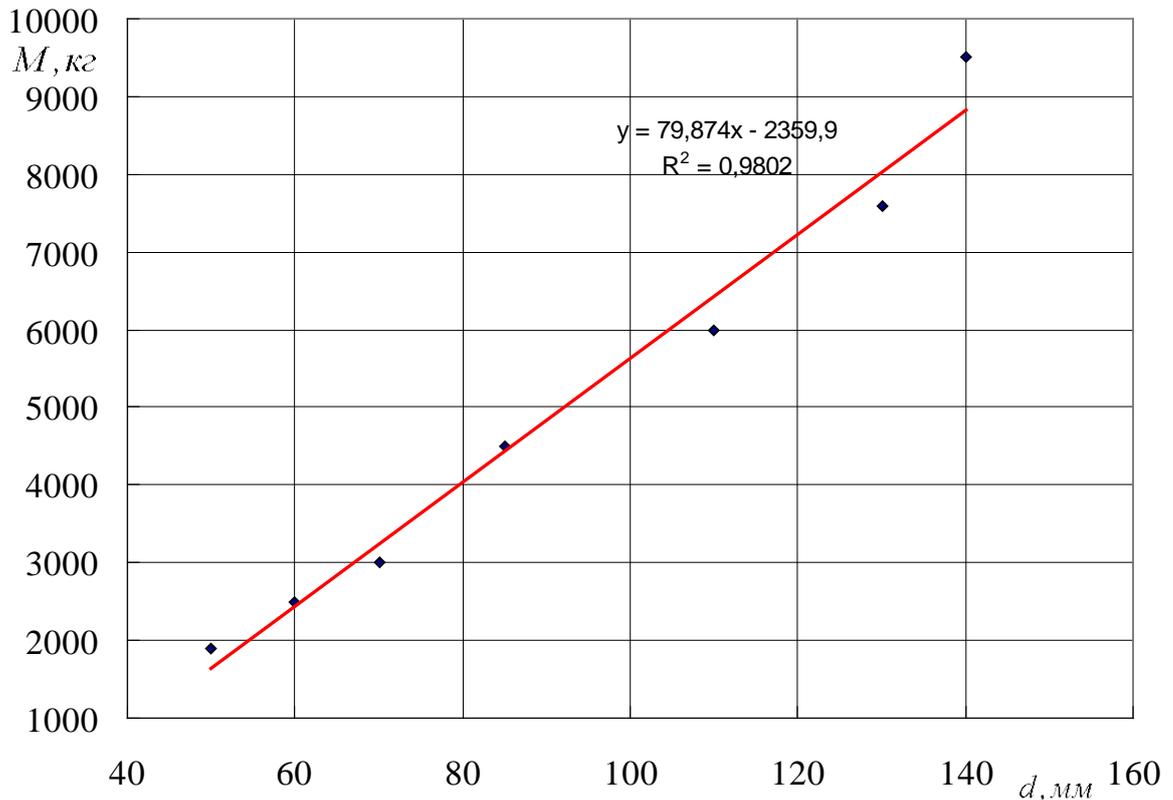


Рис. 1.5. Зависимость массы гидрожниц от диаметра металлического прутка, разрезаемого гидрожницами

Проектирование гидравлических ножниц представляет собой итерационный процесс, связанный с последовательным улучшением системы, принятием уточняющих конструктивных решений с учетом полученных уравнений регрессии (1 – 3). Каждый цикл включает в себя анализ эффективности объекта проектирования, влияния на него характеристик элементов гидравлических ножниц и ограничений. При создании гидравлических ножниц необходимо рассматривать большое число вариантов структур и параметров, изменять, уточнять математическую модель.

1.2. Обзор существующих конструкций

Захватно-разрушающие устройства, предназначенные для размещения на гидравлических экскаваторах, могут быть с одним (см. рис. 1.6, 1.7) и двумя гидроцилиндрами (см. рис. 1.8).

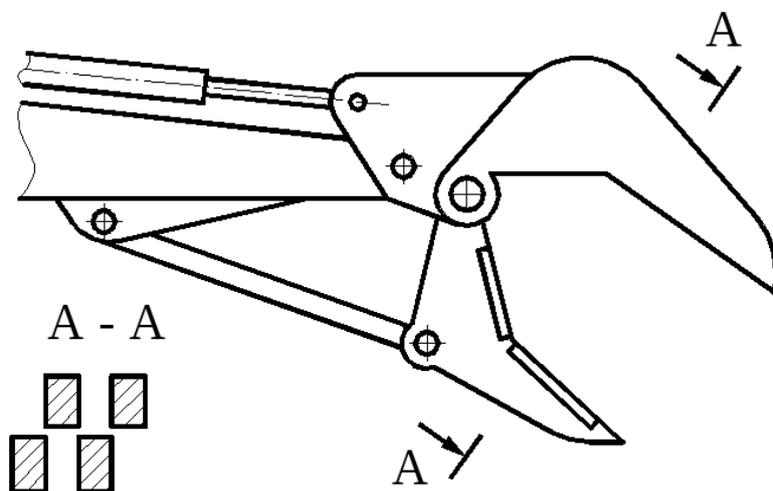


Рис. 1.6. Гидроножницы с одним гидроцилиндром

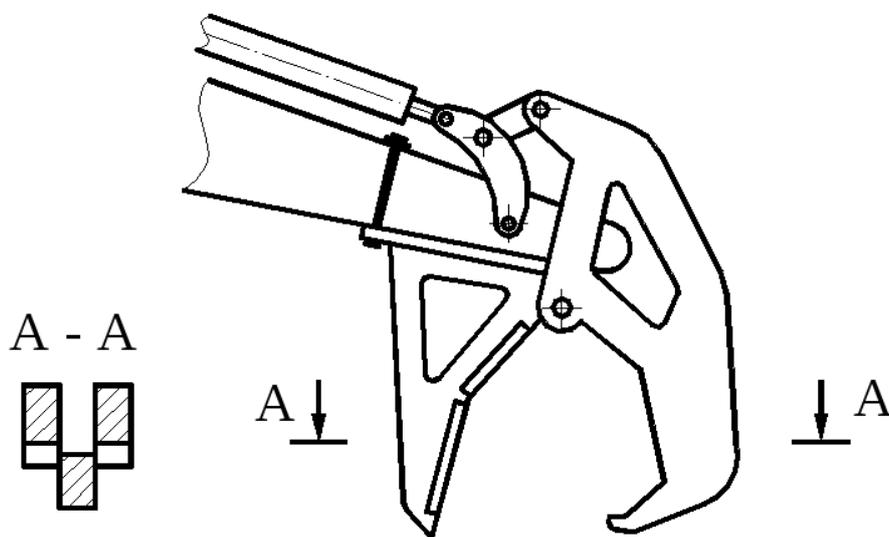


Рис. 1.7. Гидроножницы с одним гидроцилиндром

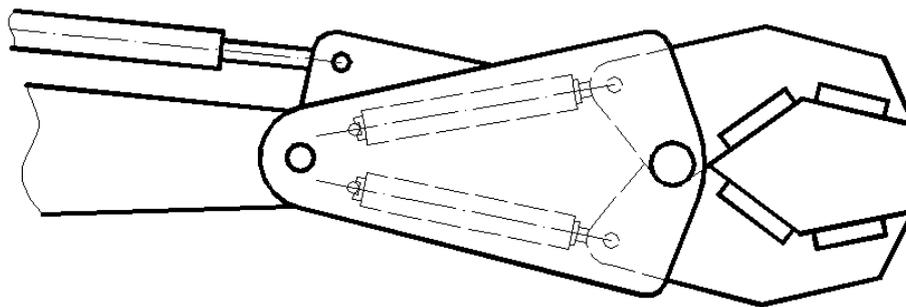


Рис. 1.8. Гидроножницы с двумя гидроцилиндрами

Конструкции с одним гидроцилиндром проще в эксплуатации и изготовлении, более надежны, но их возможности ограничены малой подвижностью.

Основным преимуществом ножниц с двумя управляющими гидроцилиндрами является то, что они обеспечивают установку обеих разрушающих губок с возможностью поворота (качания) независимо одна от другой, а также приведение губок в действие с обеспечением (при желании) возможности поэтапного осуществления перемещения губок в зависимости от природы и формы обрабатываемого объекта. Но при этом снижается надежность и повышается сложность управления оборудованием.

Гидравлические ножницы, которые используются в качестве сменного рабочего оборудования гидравлического экскаватора для резки и разрушения арматуры, стального проката и балок, показаны на рис. 1.9.

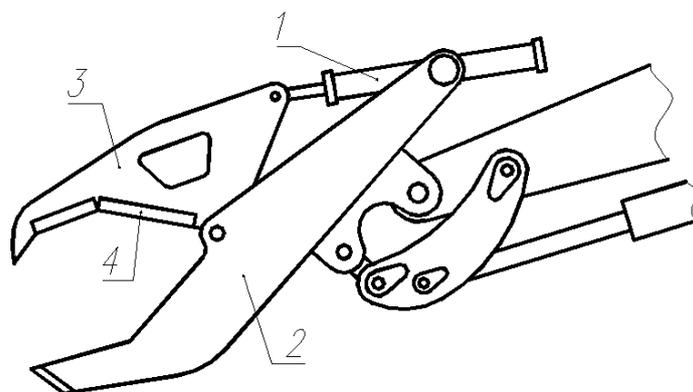


Рис. 1.8. Гидроножницы для резки арматуры, стального проката, балок:
 1 – гидроцилиндр; 2 – неподвижная челюсть; 3 – подвижная челюсть;
 4 – сменный нож

Ножницы выполнены в виде неподвижной (2) и подвижной (3) челюстей (см. рис. 5), соединенных шарнирно между собой. Подвижная часть снабжена гидроцилиндром (1). Режущие кромки челюстей снабжены сменными ножами (4). Предусмотрен вариант крепления гидравлических ножниц к стреле с помощью дополнительного промежуточного шарнирного соединения, обеспечивающего возможность поворота ножниц относительно продольной оси рукояти посредством дополнительного гидроцилиндра.

Конструктивно гидрорезницы состоят из корпуса, к которому крепятся режуще-ломающие части, так называемые челюсти, приводимые в действие гидроцилиндрами, двумя или одним в зависимости от конструкции. Гидрорезницы, развивающие более мощные усилия, оснащают двумя гидроцилиндрами. Такая конструкция позволяет воздействовать на материал с двух сторон, что значительно повышает эффективность разрушения.

Современные гидрорезницы оснащены механизмом поворота, который обеспечивает дополнительную степень свободы, тем самым предоставляя возможность выполнять работу в труднодоступных местах рабочей зоны. Челюсти гидрорезниц имеют, как правило, разрушающую и режущую части, что позволяет без замены рабочего органа выполнять все необходимые операции в едином технологическом цикле. Усилия на режуще-ломающих челюстях, развиваемые гидроцилиндрами, могут быть значительными – до нескольких сотен тонн, а поскольку усилия прилагаются на небольшой площади, материал легко разрушается. Режущие элементы гидрорезниц съемные, их легко заменять в случае затупления или поломки.

Для работы гидромолота, гидрорезниц и другого гидравлического оборудования на экскаваторе необходима дополнительная гидравлическая линия (система), состоящая из напорного и сливного трубопровода. Такая гидравлическая линия позволяет подавать рабочую жидкость от насоса во взводящую полость гидромолота через гидрораспределитель и отводить жидкость из сливной полости гидромолота в гидробак, т. е. в этом случае рабочая жидкость подается только

по одной гидролинии, поэтому такие гидролинии называют односторонними или однопоточными.

Гидролинии для работы гидравлических ножниц, гидробура или другого подобного гидрооборудования, где требуется реверсивное переключение напора и слива, т.е. рабочая жидкость от насоса может подаваться либо по напорной, либо по сливной гидролинии, называют двусторонними или двухпоточными.

Для работы такого гидравлического оборудования, как гидроножницы с дополнительной функцией вращения, кроме двухпоточной гидравлической линии, необходима еще двухпоточная линия для вращения оборудования. Для дополнительной гидравлической линии вращения используется дополнительная секция гидрораспределителя. При ее наличии устанавливается дополнительный насос с дополнительным гидравлическим или электрическим распределителем.

Гидроножницы применяются для разделки металлоконструкций. Разрезает швеллер № 18–20 (рис. 1.9) , уголок № 16–18. Технические характеристики гидроножниц НГМ-33: усилие резания 400 кН, захват 420 мм, масса 915 кг. Металлические челюсти без труда разрушают металлические балки, арматуру.



Рис. 1.9. Гидроножницы НГМ-33 ОАО «Тверьтехоснастка» разрезают металлоконструкцию

Применение бетонолома (см. рис. 1.10, 1.11) обеспечивает более широкий диапазон применения гидравлического экскаватора: обеспечивается разрушение железобетонных конструкций (в том числе железобетонных свай); производится работа по сносу зданий, реконструкции дорог, мостов; выполняются работы в условиях чрезвычайных ситуаций. Технические характеристики таких устройств: развиваемое усилие 700 кН, захват 780 мм, масса 750 кг.

Основными узлами гидроножниц (рис. 10) являются: основание, механизм поворота (ротатор), гидроцилиндры, челюсти, ножи и подвеска.



Рис. 1.10. Гидроножницы (бетоноломы)



Рис. 1.11. Экскаватор с гидроножницами (бетоноломами)

Гидроножницы Delta предназначены для разрушения, демонтажа железобетонных конструкций и каменной кладки, выполнения работ по сносу зданий. Поворот на 360 градусов позволяет более эффективно выполнять работы в различных положениях при любой конфигурации разрушаемого объекта. Гидроножницы (мультипроцессоры) имеют сменные челюсти для выполнения работ другого профиля (разрушение, измельчение бетона и резка стальных элементов) [35].

Технические характеристики гидроножниц (мультипроцессоров) Delta для разрушения бетонных конструкций приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики гидроножниц (мультипроцессоров) Delta

Характеристика	Значение	
	Delta MC 2000-2 Мультипроцессор*	Delta MC 3000-2 Мультипроцессор*
Модель	Delta MC 2000-2 Мультипроцессор*	Delta MC 3000-2 Мультипроцессор*
Масса, кг	1680	2630
Максимальная высота (H), мм	1942	2420
Максимальная ширина (L), мм	1354	1770
Максимальная ширина захвата (l), мм	886	1160
Длина ножей, мм	180	200
Открытие/закрытие челюстей, сек	2,6/5,1	3,6/8,5
Открытие/закрытие челюстей (с ускорительным клапаном), сек	2,6/2,5	3,6/4,9
Разрушающее усилие (A), т	57	93
Разрушающее усилие (B), т	85	135
Режущее усилие (a), т	183	317
Рабочее давление, атм.	300	320
Расход масла, л/мин	200-250	250-300
Ускорительный клапан	Опция	Опция
Рабочее давление гидромотора ротатора, атм.	160	160
Расход масла гидромотора ротатора, л/мин	36-40	36-40
Скорость вращения, об/мин	13-15	13-15
Масса экскаватора, т	18-26	26-32

Конструктивная схема гидроножниц (мультипроцессоров) Delta приведена на рис. 1.12. Заменяемые челюсти (см. рис. 1.12) позволяют переоборудовать мультипроцессоры для других видов работ.

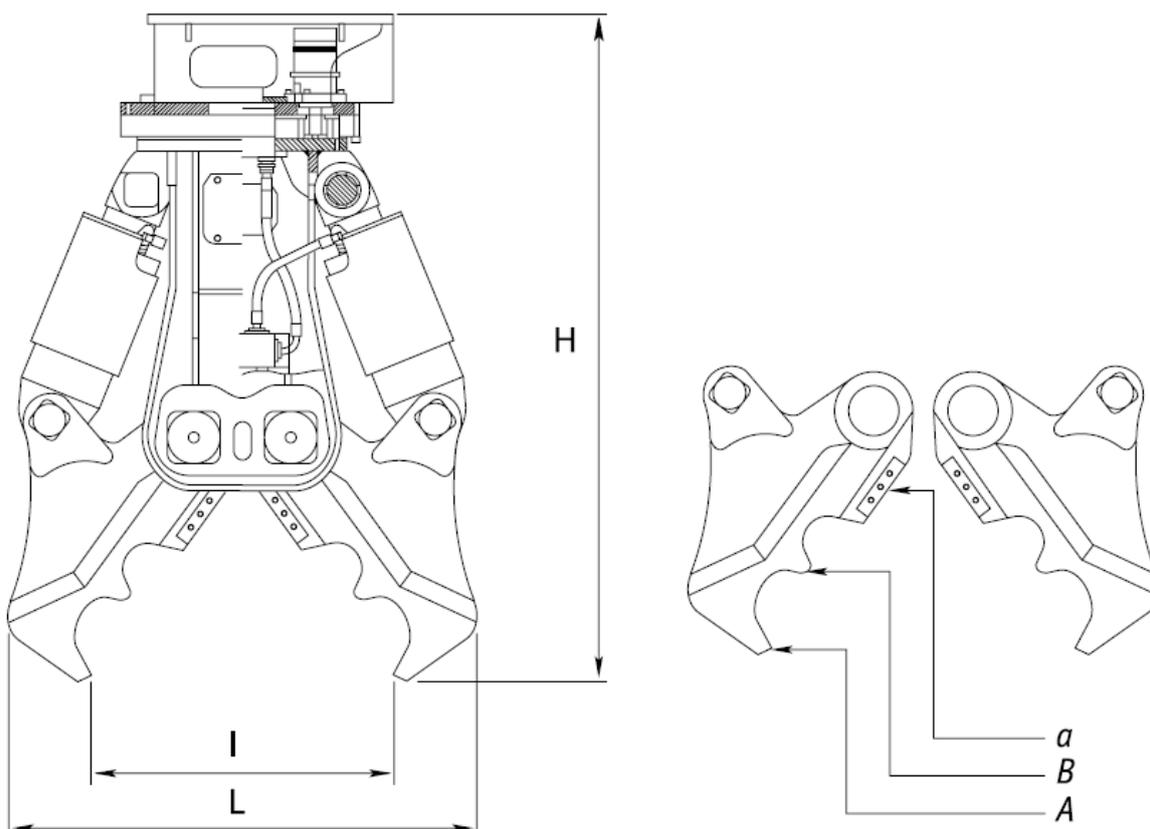


Рис. 1.12. Конструктивная схема гидроразрушителя (мультипроцессора) Delta

Гидроразрушители серии Delta P 2000, P 3000, MP 2000, MP 3000, MP 2000-2, MP 3000-2 (см. рис. 1.13, 1.14) предназначены для измельчения бетона и строительного мусора, бетонных перекрытий, продуктов демонтажа зданий и сооружений для погрузки в транспорт или дальнейшей переработки.

Оригинальная кинематическая схема челюстей гидроразрушителя обеспечивает высокое разрушающее усилие.

Сменные ножи и зубья позволяют увеличить ресурс работы и снизить эксплуатационные затраты.

Технические характеристики гидроразрушителей для измельчения бетонных конструкций приведены в табл.2.



Рис. 1.13. Гидроножницы для измельчения бетонных конструкций (серия Delta)

Таблица 2

Технические характеристики гидроножниц для измельчения бетонных конструкций

Характеристика	Значение	
	Delta P 2000	Delta P 3000
Модель	Delta P 2000	Delta P 3000
Масса, кг	1850	2334
Максимальная высота (H), мм	2040	1980
Максимальная ширина (L), мм	1423	1540
Максимальная ширина захвата (l), мм	850	920
Длина ножей, мм	200	200
Открытие/закрытие челюстей, сек	2,3/5,2	2,4/5,7
Открытие/закрытие челюстей (с ускорительным клапаном), сек	2,3/2,5	2,4/3,2
Разрушающее усилие (A), т	108	123
Разрушающее усилие (B), т	150	171
Разрушающее усилие (C), т	178	199
Разрушающее усилие (D), т	220	239
Режущее усилие (a), т	270	286
Рабочее давление, атм.	300	320
Расход масла, л/мин	130-220	250-300
Ускорительный клапан	Опция	Опция
Масса экскаватора, т	18-26	26-32

Конструктивная схема гидророжниц для измельчения бетонных конструкций приведена на рис. 1.14.

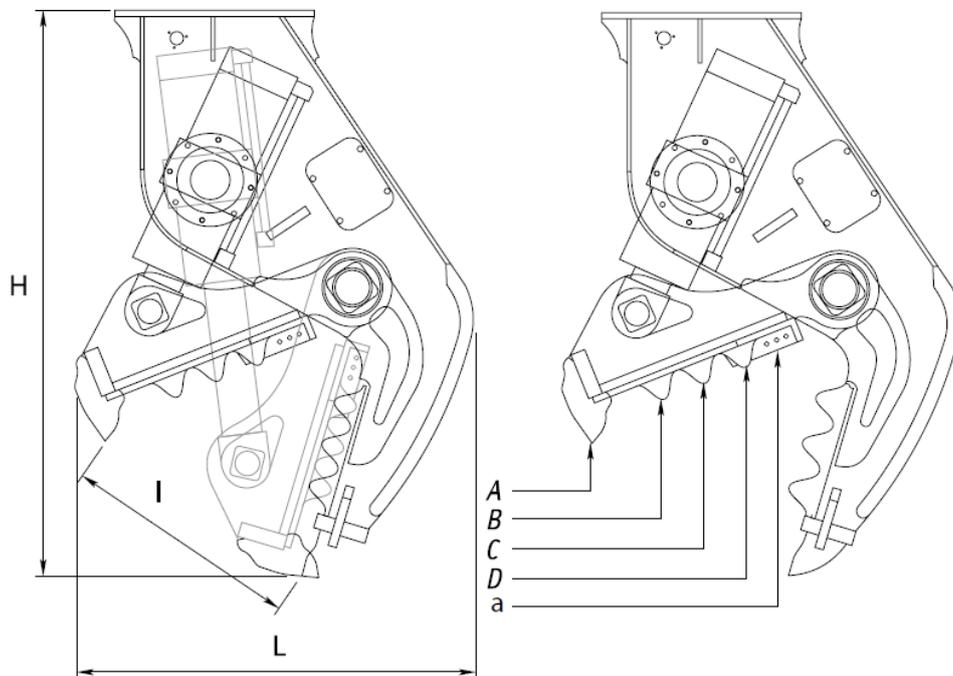


Рис. 1.14. Конструктивная схема гидророжниц для измельчения бетонных конструкций

Конструктивная схема полноповоротных гидророжниц для измельчения бетонных конструкций приведена на рис. 1.15.

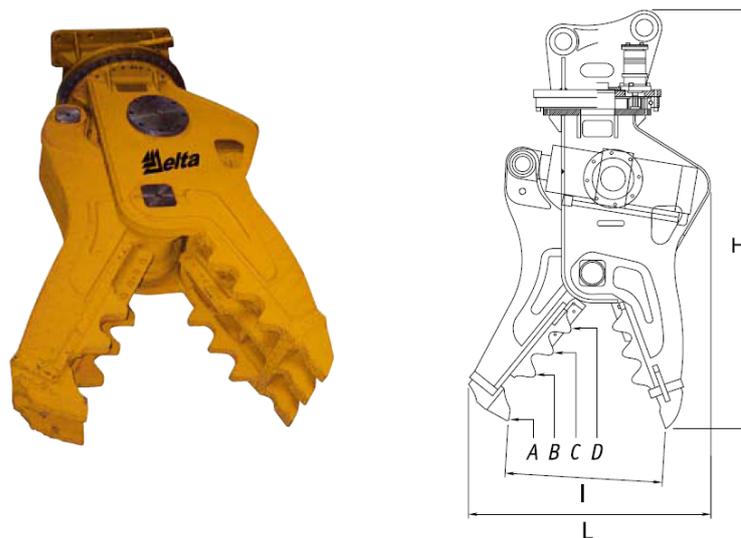


Рис. 1.15. Конструктивная схема полноповоротных гидророжниц для измельчения бетонных конструкций

Технические характеристики полноповоротных гидр노жниц для измельчения бетонных конструкций приведены в табл.3.

Таблица 3

**Технические характеристики полноповоротных гидр노жниц
для измельчения бетонных конструкций**

Характеристика	Значение	
	Delta MP 2000	Delta MP 3000
Модель	Delta MP 2000	Delta MP 3000
Масса, кг	1850	2600
Максимальная высота (H), мм	2390	2630
Максимальная ширина (L), мм	1370	1440
Максимальная ширина захвата (l), мм	890	960
Длина ножей, мм	200	300
Открытие/закрытие челюстей, сек	2,3/5,4	3,5/6,2
Открытие/закрытие челюстей (с ускорительным клапаном), сек	2,3/3,0	3,5/3,5
Разрушающее усилие (A), т	53	73
Разрушающее усилие (B), т	72	102
Разрушающее усилие (C), т	97	134
Разрушающее усилие (D), т	145	201
Режущее усилие (a), т	165	229
Рабочее давление, атм.	300	320
Расход масла, л/мин	200-250	250-300
Ускорительный клапан	Опция	Опция
Рабочее давление гидромотора ротатора, атм.	160	160
Расход масла гидромотора ротатора, л/мин	36-40	36-40
Скорость вращения, об/мин	13-15	13-15
Масса экскаватора, т	18-26	26-32

Гидравлические ножницы серии Delta MS 2000, MS 3000, MS 2000-2, MS 3000-2 (см. рис. 1.16) предназначены для резки металлических элементов (металлолома, балок, профилей, стержней, стальных канатов). У этих гидр노жниц режущее усилие возникает по всей длине лезвий, которые можно заменять.

Технические характеристики полноповоротных гидр노жниц для резки металла приведены в табл. 4.

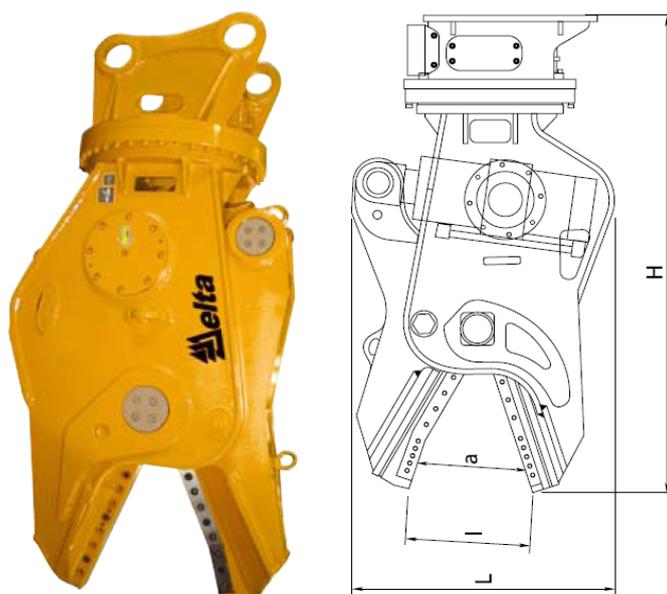


Рис. 1.16. Гидроножницы для резки металла полноповоротные

Таблица 4

Технические характеристики полноповоротных гидроножниц для резки металла

Характеристика	Значение	
	Delta MS 2000	Delta MS 3000
Модель	Delta MS 2000	Delta MS 3000
Масса, кг	2000	2450
Максимальная высота (H), мм	2000	2170
Максимальная ширина (L), мм	1070	1160
Максимальная ширина захвата (l), мм	510	570
Длина ножей, мм	500	600
Открытие/закрытие челюстей, сек	1,9/4,3	2,2/5,1
Открытие/закрытие челюстей (с ускорительным клапаном), сек	1,9/2,4	2,2/2,9
Режущее усилие (a), т	172	256
Рабочее давление, атм.	300	320
Расход масла, л/мин	200-250	250-300
Ускорительный клапан	Опция	Опция
Масса экскаватора, т	18-26	26-32
Рабочее давление гидромотора ротатора, атм.	160	160
Расход масла гидромотора ротатора, л/мин	36-40	36-40
Скорость вращения, об/мин	13-15	13-15

Конструктивная схема полноповоротных гидроножниц для резки металла (мультипроцессор) приведена на рис. 1.17.

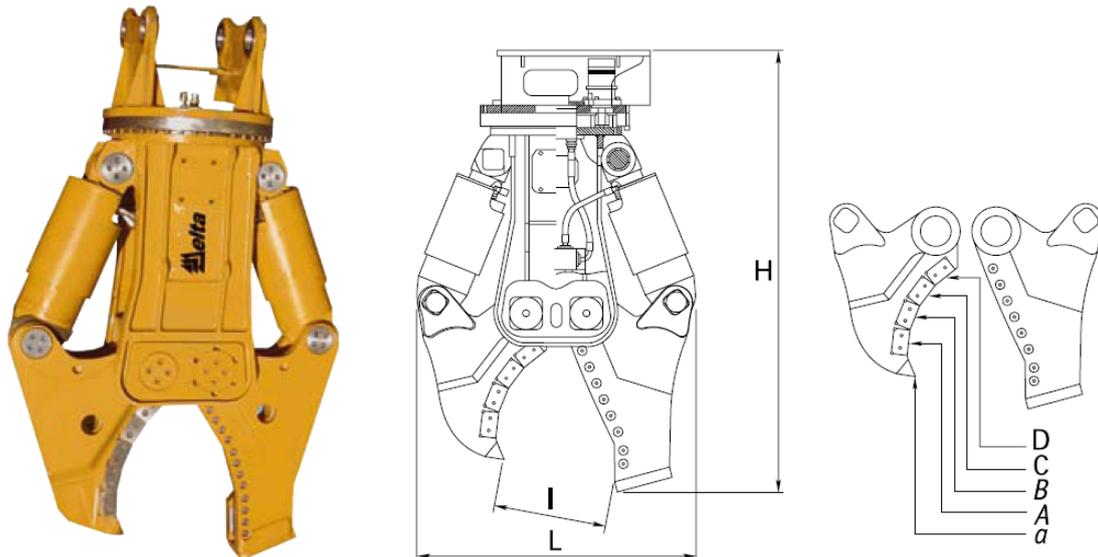


Рис. 1.17. Гидроножницы для резки металла полноповоротные (мультипроцессор)

Технические характеристики полноповоротных гидроножниц для резки металла (мультипроцессор) приведены в табл. 5.

Таблица 5

Технические характеристики полноповоротных гидроножниц для резки металла (мультипроцессор)

Характеристика	Значение	
	Delta MS 2000-2 Мультипроцессор*	Delta MS 3000-2 Мультипроцессор*
Модель	Delta MS 2000-2 Мультипроцессор*	Delta MS 3000-2 Мультипроцессор*
Масса, кг	1760	2450
Максимальная высота (H), мм	2070	2170
Максимальная ширина (L), мм	1290	1160
Максимальная ширина захвата (l), мм	520	570
Длина ножей, мм / кол-во, шт.	120/4	150/4
Открытие/закрытие челюстей, сек	2,6/5,1	2,2/5,1
Открытие/закрытие челюстей (с ускорительным клапаном), сек	2,6/2,5	2,2/2,9
Режущее усилие (A), т	73	76
Режущее усилие (B), т	94	98
Режущее усилие (C), т	127	132
Режущее усилие (D), т	200	215
Режущее усилие (a), т	56	63
Рабочее давление, атм.	300	320
Расход масла, л/мин	200-250	250-300
Ускорительный клапан	Опция	Опция
Масса экскаватора, т	18-26	26-32
Рабочее давление гидромотора ротатора, атм.	160	160
Расход масла гидромотора ротатора, л/мин	36-40	36-40
Скорость вращения, об/мин	13-15	13-15

1.3. Гидроножницы различных фирм

ОАО «Тверской машзавод Гидромолот» выпускает бетонолом НГБ-73 на экскаватор (рис. 1.18).



Рис. 1.18. Бетонолом НГБ-73 ОАО («Тверской машзавод Гидромолот»)

Применение бетонолома обеспечивает более широкий диапазон применения гидравлического экскаватора. Технические характеристики бетонолома: развиваемое усилие 700 кН, захват 780 мм, масса 750 кг.

Гидроножницы различных конструкций и модификаций выпускают во многих странах Европы и Азии: Delta Engineering Group, Co, Ltd (Корея); Daemo Engineering Co., Ltd (Корея); LST Group (Германия); IR Montabert (Франция); Soosan heavy industries co. Ltd (Корея) и др. [29, 32, 33, 35].

Гидравлические ножницы используются строителями при сносе железобетонных конструкций, сооружений, строений, а также при разделке металла, для разрезания металлических листов, швеллеров, уголков, арматуры, прутков на мелкие составляющие. После этого металлолом идет на переплавку в сталеплавильные печи. Остатки железобетона и бетона подвергают дроблению в мобильных дробильных установках, где бетон отделяется от металла. Бетонная крошка при-

меняется при строительстве как дорог, так и различных сооружений как компонент.

Большинство моделей ножниц крепятся на рукоять или стрелу экскаватора с использованием ротатора, который обеспечивает вращение инструмента на 360 градусов. Это позволяет работать в очень ограниченных пространствах и выполнять дробление в самых труднодоступных местах. Оператор экскаватора может производить замену навесного оборудования без посторонней помощи. Высокая износостойкость лезвий челюстей (щек) позволяет долго и производительно работать без их замены. Техническое обслуживание на современных моделях сведено к минимуму благодаря хорошей защите цилиндров и шлангов, быстрой замене лезвий челюстей. Низкий уровень шума позволяет работать как днем, так и в ночное время без вреда для окружающих.

Широкое открытие челюстей обеспечивает эффективное резание и последовательные резку и пробивку без заедания. Надежная конструкция всех основных компонентов обеспечивает высокую производительность оборудования при сносе зданий в сложных условиях. Производители при разработке новых моделей применяют современные материалы и технические решения, что позволяет развивать максимальные усилия.

Фирма Даемо выпускает высокоэффективные и износостойчивые гидроножницы серии DMS (см. рис. 1.19).



Средняя режущая сила – 1800 кН;
Масса – 2000 кг;
Номинальное давление – 32 МПа;
Расход рабочей жидкости – 200-250 л/мин;
Масса экскаватора – 20–27 т.

Рис. 1.19. Гидроножницы DAEMO DMS 250

Технические характеристики гидроножниц DAEMO DMS приведены в табл. 6.

Таблица 6

Технические характеристики гидроножниц DAEMO DMS

Наименование	DMS 250	DMS 300	DMS 330	DMS 360
Эксплуатационная масса, кг	2000	2400	2500	3400
Номинальное давление, МПа	32	32	32	32
Максимальная ширина раскрытия, мм	668	570	806	456
Длина режущей кромки, мм	200	200	470	370+250
Максимальное режущее усилие, кН	1800	2560	2560	2820
Общая длина, мм	2353	2410	2695	2690
Масса экскаватора, т	22~27	27~33	27~33	33~45

Гидроножницы КОМАС показаны на рис. 1.20. Выпускаются гидроножницы КОМАС нескольких серий: тяжелой серии CHR (для слома / первичной обработки бетона), PHR (для измельчения / вторичной обработки бетона); легкой серии М и других серий.



Рис. 1.20 Гидроножницы КОМАС

Технические характеристики гидр노жниц КОМАС приведены в табл. 7, 8.

Таблица 7

Технические характеристики гидр노жниц КОМАС

Модель гидр노жниц	Масса экскаватора	Масса ножниц	Максимальная ширина раскрытия	Сила разрушения				Сила резания
				А	В	С	Д	
	т	кг	мм	кН	кН	кН	кН	кН
TRIS22CHR-II	18 - 26	1680	886	570	850	-	-	1830
TRIS22PHR-II	18 - 26	1760	872	510	610	780	950	1830
TRIS30CHR-II	26 - 32	2630	1163	930	1350	-	-	3170
TRIS30PHR-II	26 - 32	2800	968	910	1400	1100	1710	3170
TRIS22PHR	18 - 26	2000	886	530	720	970	1450	1650
TRIS30PHR	26 - 32	2600	957	730	1020	1340	2010	2290
TRIS22P	18 - 26	1800	850	1080	1500	1780	2200	2700
TRIS30P	26 - 32	2334	920	1230	1710	1990	2390	2860

Таблица 8

Технические характеристики гидр노жниц КОМАС (легкая серия)

Модель гидр노жниц	Масса экскаватора	Масса ножниц	Ширина раскрытия	Сила разрушения		
				на режущей части	в начале челюстей	на конце челюстей
	т	кг	мм	кН	кН	кН
TRIS1M	0,8 - 2	105	280	581	300	199
TRIS2M	1,5 - 3	180	360	619	322	213
TRIS3M	2,5 - 5	330	430	836	395	279
TRIS5M	4 - 8	400	530	994	482	315

Гидр노жницы КОМАС по металлу показаны на рис. 1.21.



Рис. 1.21 Гидр노жницы КОМАС по металлу (справа – мининожницы)

Технические характеристики гидроножниц КОМАС по металлу приведены в табл. 9, 10.

Таблица 9

Технические характеристики гидроножниц КОМАС по металлу

Модель гидроножниц	Масса экскаватора	Масса ножниц	Максимальная ширина раскрытия	Сила резания				
				А	В	С	Д	Е
	т	кг	мм	кН	кН	кН	кН	кН
TRIS22SHR	18 - 26	2000	507	1720	1720	1720	1720	1720
TRIS30SHR	26 - 32	2450	571	2560	2560	2560	2560	2560
TRIS22SHR-II	18 - 26	1760	522	730	940	1270	2000	---
TRIS30SHR-II	26 - 32	2800	603	1290	1570	1970	2590	3850

Таблица 10

Технические характеристики мини-гидроножниц КОМАС по металлу

Модель гидроножниц	Масса экскаватора	Масса ножниц	Ширина раскрытия	Максимальная сила резания
	т	кг	мм	кН
TRIS2S	1,2 - 3,8	190	200	650
TRIS3S	2,0 - 5,7	260	231	1110
TRIS5S	4,0 - 8,0	430	288	1520
TRIS5SHR	4,0 - 8,0	500	288	1520

Технические характеристики гидроножниц PROMOVE (Италия) приведены в табл. 11.

Таблица 11

Технические характеристики гидроножниц PROMOVE

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Модель гидроножниц						
			SC 1900	SC 2200	SC 3000	SC 4500	SC 6000	SC 7500	SC 9500
1	Эксплуатационная масса	кг	1900	2500	3000	4500	6000	7600	9500
2	Совместимость с экскаватором (крепление к рукояти)	т	15~23	21~30	28~35	44~50	50~60	75~100	90~110
3	Совместимость с экскаватором (крепление к стреле)	т	9~23	12~30	18~35	30~50	35~60	74	55~110
4	Максимальное раскрытие челюстей	мм	415	460	580	700	840	880	950
5	Общая длина	мм	2627	2870	3265	4010	4465	4700	5350
6	Высота (ширина)	мм	870	925	1062	1240	1470	1500	1680
7	Расход жидкости в ротаторе	л/мин	40	40	50	50	50	50	50
8	Давление в ротаторе	бар	120	120	120	120	120	120	120
9	Расход жидкости при открывании и закрывании челюстей	л/мин	150/250	200/300	280/350	350/500	400/600	500/800	600/1000
10	Давление при закрывании челюстей	бар	350	350	350	350	350	350	350

Окончание табл. 11

11	Поворот		град	360	360	360	360	360	360	360	
12	Информация по резке	по		мм	240	300	420	480	540	620	700
				мм	160	200	260	320	360	420	500
				мм	50	60	70	85	110	130	140

Гидроножницы АРМ ФИРМЫ С&ОН (Корея) показаны на рис. 1.22.



Рис. 1.22. Гидроножницы АРМ

Технические характеристики гидроножниц АРМ приведены в табл. 12.

Таблица 12

Технические характеристики гидроножниц АРМ

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Модель гидроножниц								
			APMD 200	APMD 230	APMD 300	APMD 330	APMS 200	APMS 230	APMS 301	APMS 330	APMS 400
1	Эксплуатационная масса	кг	2 000	2 000	2 450	2 630	2 000	1 895	2 450	2 600	2 950
2	Масса экскаватора	т	18~26	18~26	26~32	26~32	18~26	18~26	26~32	26~32	26~32
3	Общая длина	мм	2 321	2 321	2 529	2 529	2 181	2 148	2 174	2 245	2 721
4	Общая ширина	мм	1 106	1 354	1 213	1 213	1 071	1 181	1 158	1 254	1 254
5	Ширина раскрытия челюстей	мм	645	645	731	731	507	520	571	542	630
6	Длина режущей части	мм	400	360	500	480	500	360	600	480	600
7	Минимальная сила крушения	кН	400	300	600	450	300	300	400	500	600
8	Максимальная сила крушения	кН	610	690	820	830	600	750	500	850	820
9	Режущая сила	кН	1720	2530	2100	1970	1720	1750	2560	2170	2800
10	Рабочее давление	бар	300	300	320	320	300	300	320	320	320
11	Расход жидкости	л/мин	200~250	200~250	250~300	250~300	200~250	200~250	250~300	250~300	290~320

1.4. Гидроножницы других моделей

Компактные гидроножницы MSD 7R (рис. 1.23) имеют небольшие размеры. Тем не менее, они разработаны специально для небольших экскаваторов и погрузчиков, и обладают большой мощностью. Эти ножницы превосходно подходят для ситуаций, когда невозможно или нецелесообразно использование крупногабаритного оборудования, например, для внутренних работ по сносу или использование на площадках подготовки железного и не железного лома. Они способны разрезать множество материалов, в том числе балки различных профилей, уголки, швеллера, проволоку, толстолистовую сталь, трубы, арматурный профиль, бетон, шины и многое другое.



Рис. 1.23. Компактные гидроножницы модели MSD 7R

Гидроножницы для лесоматериалов MWS (рис. 1.24) являются идеальным решением для работы с древесными материалами, в том числе пнями, бревнами, железнодорожными шпалами и древесным мусором, а также с другими лесоматериалами слишком большого размера. Ножницы модели MWS превосходно справляются с переработкой древесных отходов и расчисткой местности от деревьев, удалением грунта и камней, обеспечивают снижение затрат на обслуживание.



Рис. 1.24. Гидроножницы для лесоматериалов модели MWS

Гидравлические ножницы для бетона и металла (рис. 1.25) на малые экскаваторы от 3,5 до 7 тонн с быстрой сменой инструмента Arden CU350 (Франция).



Рис. 1.25. Гидроножницы Arden CU350

Гидроножницы для первичной обработки бетона легкой серии (рис. 1.26) предназначены для работы на мини-экскаваторах.

С их помощью можно разрушать железобетонные конструкции небольшого размера, каменную кладку, фундаменты. Они особенно незаменимы в условиях, когда необходим низкий уровень шума при выполнении подобных работ.

Гидроножницы легкой серии оснащаются механизмом свободного или гидравлического поворота, который позволяет эффективно выполнять работы в любых условиях.

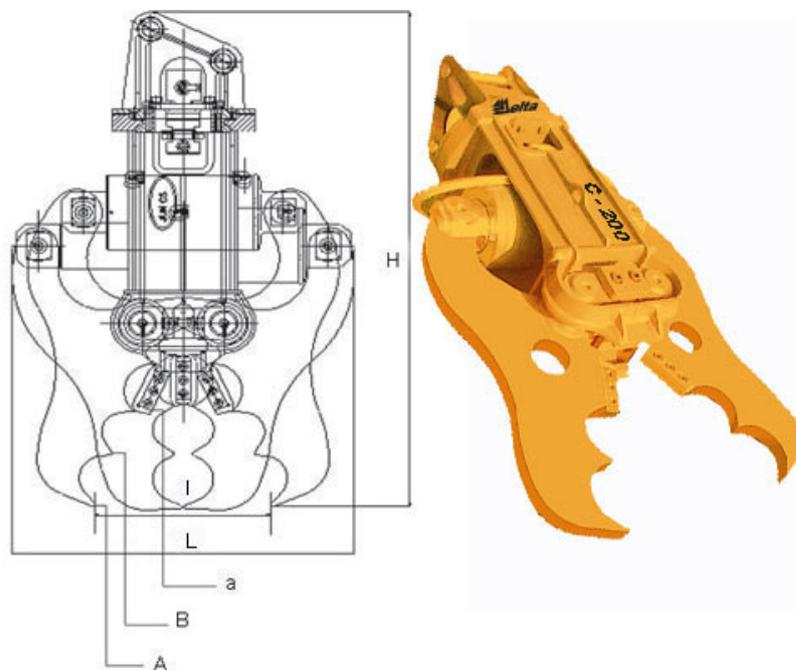


Рис. 1.26. Гидравлические ножницы легкой серии Delta C-200

Технические характеристики гидроножниц легкой серии Delta приведены в табл. 13.

Таблица 13

Технические характеристики гидроножниц легкой серии Delta

Характеристика	Delta C-100	Delta C-200	Delta C-300	Delta C-500	Delta MC-500
Масса, кг	105	180	330	400	400
Максимальная длина (H), мм	900	1105	1305	1425	1425
Максимальная ширина (L), мм	680	800	840	930	930
Максимальная ширина захвата (l), мм	280	360	430	530	530
Разрушающее усилие (A), кН	200	220	280	320	320
Разрушающее усилие (B), кН	300	320	390	480	480
Режущее усилие (a), кН	580	620	840	990	990
Рабочее давление, бар	210	210	210	210	210
Масса экскаватора, т	0,5-1,2	1,5-3,5	2-5	4-6,5	4-6,5

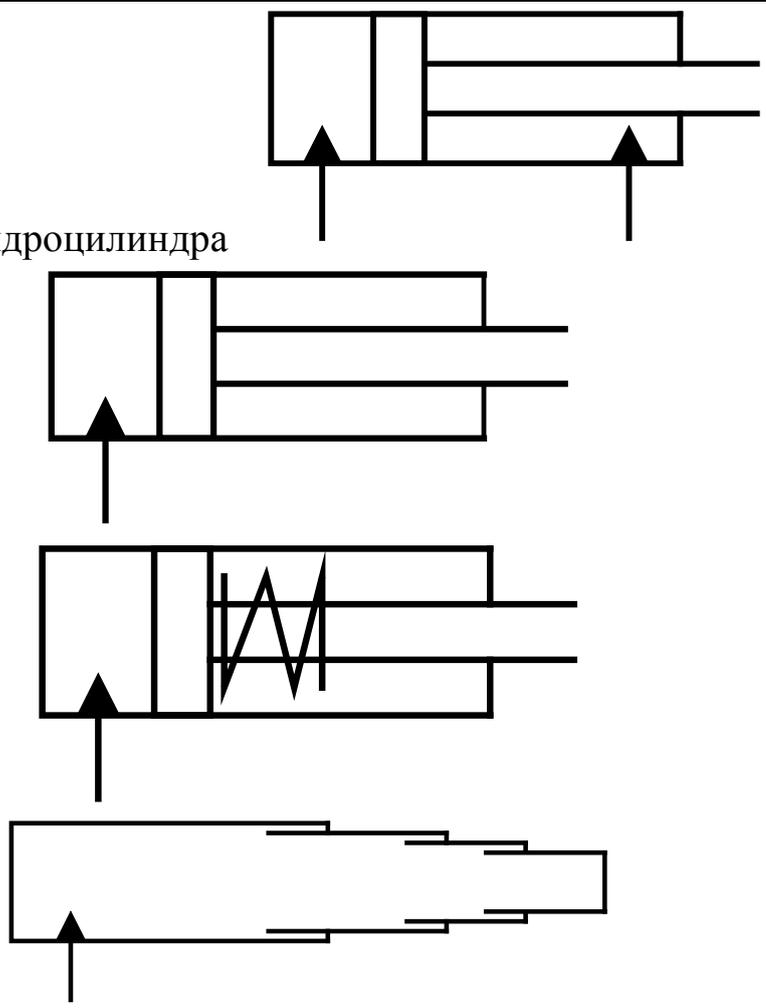
Различные гидротножницы показаны на рис. 1.27.



Рис. 1.27. Гидравлические ножницы различных типов

1.5. Расчет гидроцилиндров

Исходные данные для расчета гидроцилиндра

Гидродвигатель возвратно- поступательного движения (гидроцилиндр)	
Схема гидроцилиндра	
	
и другие	
Номинальное давление $p_{ном}$, МПа	
Усилие на штоке гидроцилиндра F , кН	
Скорость движения штока V , м/с	
Ход штока L , м	

Гидравлические цилиндры (силовые гидроцилиндры) предназначены для преобразования энергии движущейся жидкости в механическую энергию поступательного движения выходного звена.

Гидравлические цилиндры (гидроцилиндры) – это гидродвигатели с возвратно-поступательным движением выходного звена. Благодаря своей конструктивной простоте, возможности реализации значительных усилий, малой стоимости, высоким удельным показателям и надежности гидроцилиндры являются самыми распространенными объемными гидродвигателями [1, 4, 9, 10, 17, 18].

В зависимости от конструкции рабочей камеры гидроцилиндры подразделяются на поршневые, плунжерные, телескопические и сильфонные.

Наибольшее применение в объемных гидроприводах получили поршневые гидроцилиндры, в частности двустороннего действия с односторонним штоком.

Основными параметрами гидроцилиндров, определяющими их геометрические размеры и внешние характеристики, являются следующие: номинальное давление $p_{ном}$; усилие на штоке, скорость перемещения штока, ход поршня L .

По этим параметрам определяются диаметр поршня (гильзы) D ; диаметр штока d ; требуемый расход жидкости для обеспечения заданной скорости движения поршня со штоком.

На рис. 1.28 показаны расчетные схемы гидроцилиндров. Теоретическое усилие, развиваемое гидроцилиндром (см. рис. 1.28, *a*) при выталкивании одностороннего штока (жидкость поступает в поршневую полость А) без учета сил инерции, тяжести и трения, определяется из условия равновесия всех сил, действующих на шток, по формуле

$$F_1 = p_1 S_1 - p_2 S_2, \quad (1.4)$$

где F_1 – усилие на штоке, Н; p_1 – давление в поршневой полости, Па; S_1 – рабочая (эффективная) площадь поршневой полости, м²; $S_1 = \pi D^2 / 4$; p_2 – давление в штоковой полости, Па; S_2 – рабочая (эффективная) площадь штоковой полости, м², $S_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$.

Следует заметить, что сила, действующая на выходное звено (рабочий орган), по величине равна силе F_1 , определяемой по формуле (1.4), но противоположна ей по направлению.

Расчетная скорость движения штока (см. рис. 1.28, *a*) без учета утечек рабочей жидкости определяется из условия неразрывности потока по формуле

$$V_1 = \frac{Q_u}{S_1}, \quad (1.5)$$

где V_1 – скорость движения штока, м/с; Q_u – расход рабочей жидкости, м³/с; S_1 – рабочая площадь поршневой полости, м²; $S_1 = \pi D^2 / 4$.

При втягивании штока (см. рис. 1.28, *б*), когда жидкость подается в штоковую полость Б, теоретическое усилие, развиваемое гидроцилиндром, определяется по формуле

$$F_2 = p_2 S_2 - p_1 S_1. \quad (1.6)$$

Расчетная скорость движения штока (см. рис. 1.28, *б*) определяется по формуле

$$V_2 = \frac{Q_u}{S_2}. \quad (1.7)$$

Из формул (2) и (4) видно, что $V_1 < V_2$, так как $S_1 > S_2$.

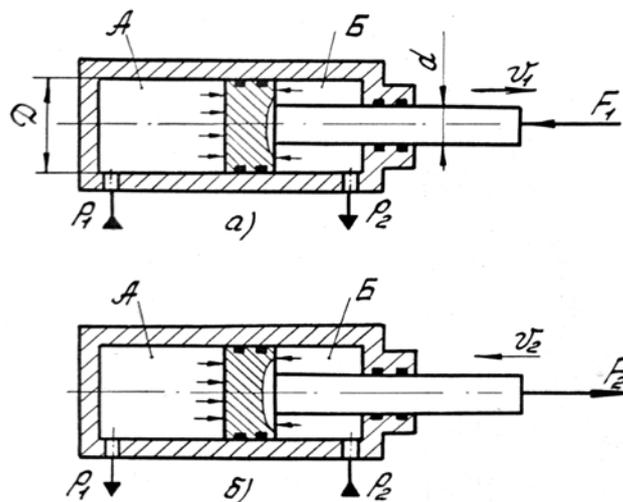


Рис. 1.28. Расчетные схемы гидроцилиндров:
a – с поршневой рабочей полостью; *б* – со штоковой рабочей полостью

Формулы (1.4 – 1.7) являются расчетными при определении геометрических параметров гидроцилиндров (диаметров поршня и штока), если заданы необходимые усилия на штоке, скорости движения выходных звеньев.

При проектировании гидроцилиндров задаются отношением диаметра штока к диаметру поршня равном $\varphi = d/D = 0,3 \dots 0,7$ (при давлении в гидроприводе $p < 1,5$ МПа рекомендуется принимать $\varphi = 0,3$, при $1,5 \text{ МПа} < p < 5,0 \text{ МПа}$ – $\varphi = 0,5$, а при $5,0 \text{ МПа} < p < 30 \text{ МПа}$ – $\varphi = 0,7$).

Толщины стенки, днища корпуса гидроцилиндра вычисляются по формулам

$$\delta_{ст} \geq \frac{p_{\max} D}{2[\sigma]}; \quad (1.8)$$

$$\delta_{дн} \geq 0,433D \sqrt{\frac{p_{\max}}{[\sigma]}}, \quad (1.9)$$

где $\delta_{ст}$, $\delta_{дн}$ – толщины стенки, днища соответственно; p_{\max} – максимальное давление в полостях гидроцилиндра; D – диаметр поршня; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение растяжения материала корпуса.

Корпуса гидроцилиндров (гильзы) изготавливаются обычно из стальных бесшовных горячекатаных труб по ГОСТ 8732–78, сталей 35 и 45 или легированных сталей 40ХН, 40Х, 30ХГСА и др. Внутренние поверхности корпусов должны иметь шероховатость не более $R_a = 0,1$ мкм и обрабатываются по посадке Н8. Наружные поверхности штока и поршня обрабатывают по посадке е8. Шероховатость поверхности штока $R_a = 0,05$ мкм, а поршня $R_a = 0,40–0,80$ мкм. Штоки изготавливаются из стальных поковок 45, 40Х, 45Х, 30ХГСА, поршни гидроцилиндров изготавливаются из сталей 35, 45, 40Х и др.

Основные параметры поршневых гидроцилиндров регламентируются ГОСТом 6540–68 телескопических гидроцилиндров – ГОСТом 16029–70, общие и технические требования к гидроцилиндрам – ГОСТом 16514–87.

В гидроприводах строительных и дорожных машин широко применяются поршневые гидроцилиндры двустороннего действия, рассчитанные на номинальное давление 10, 16, 25 и 32 МПа.

Для самоходных кранов применяются специальные гидроцилиндры на 16 МПа. Гидроцилиндры имеют много конструктивных исполнений.

Основным требованием при выборе гидроцилиндра является обеспечение исполнительным органом машины необходимого усилия F и скорости движения V выходного звена. Выходным звеном может быть как шток, так и корпус (гильза) гидроцилиндра.

В зависимости от направления действия рабочей среды гидроцилиндры бывают одностороннего действия, у которых движение выходного звена под действием жидкости возможно только в одном направлении, и двустороннего действия, у которых движение выходного звена под действием жидкости возможно в двух взаимно противоположных направлениях.

Конструкция гидроцилиндра приведена на рис. 1.29.

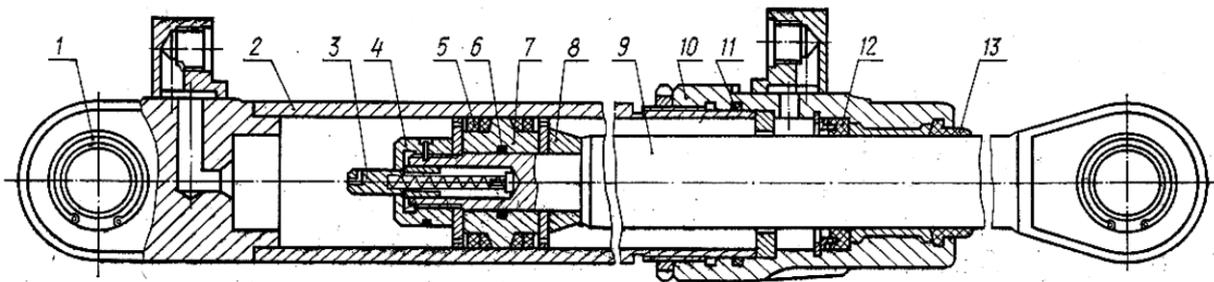


Рис. 1.29. Гидроцилиндр:

1 – проушина; 2 – цилиндр; 3 – демпфер; 4 – гайка; 5, 6, 11, 12 – уплотнения; 7 – поршень; 8 – упор; 9 – шток; 10 – передняя крышка; 13 – грязесъемник

При подаче жидкости в поршневую полость и соединении штоковой полости с поршневой (рис. 1.30) получается дифференциальная схема включения гидроцилиндра. Жидкость, вытесненная из штоковой полости Б, перетекает в поршневую А, складываясь с потоком от насоса. При подаче жидкости в штоковую полость для создания дви-

жения в противоположном направлении поршневую полость следует соединить со сливом.

При дифференциальном включении поршня можно получить одинаковые скорости движения штока в обоих направлениях. Для этого необходимо, чтобы

$$d = \frac{D\sqrt{2}}{2}. \quad (1.10)$$

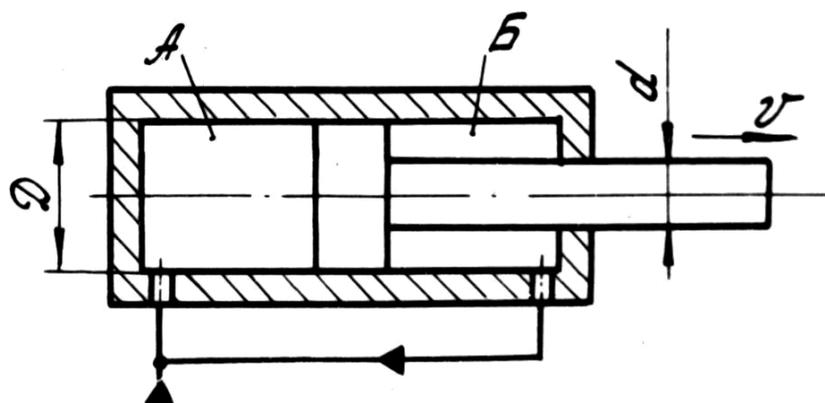


Рис. 1.30. Дифференциальная схема включения гидроцилиндра

Полезная мощность гидроцилиндра определяется выражением

$$N_{\text{уп}} = FV, \quad (1.11)$$

где $N_{\text{уп}}$ — полезная мощность, развиваемая гидроцилиндром, Вт; F — усилие на штоке, Н; V — скорость движения штока, м/с.

Мощность, потребляемая гидроцилиндром, определяется параметрами потока рабочей жидкости по формуле

$$N_{\text{ц}} = \Delta p_{\text{ц}} Q_{\text{ц}}, \quad (1.12)$$

где $N_{\text{ц}}$ — мощность гидроцилиндра, Вт; $\Delta p_{\text{ц}}$ — перепад давления на гидроцилиндре, Па; $Q_{\text{ц}}$ — расход жидкости, м³/с.

Потери мощности в гидромашинах оцениваются полным КПД.

В общем виде полный КПД гидромашины определяется отношением мощности на выходе (полезной) к мощности на входе (потребляемой):

$$\eta = \frac{N_{\text{вых}}}{N_{\text{вх}}} . \quad (1.13)$$

Подставляя в формулу (1.13) значения полезной мощности из формулы (1.11) и потребляемой мощности из формулы (1.12), получим значения КПД соответственно для гидроцилиндра.

Полный КПД гидромашины учитывает все потери мощности, которые возникают в гидромашине при движении рабочей жидкости. Существуют три вида таких потерь: гидравлические, механические и объемные. Гидравлические потери на преодоление путевых и гидравлических сопротивлений каналов, окон гидромашин могут быть учтены гидравлическим КПД η_r .

Механические потери, возникающие в результате действия сил трения в подвижных звеньях гидромашины (в подшипниках, шарнирах, между поршнями и стенками гидроцилиндров и т.д.), учитываются механическим КПД η_m .

Объемные потери, связанные с утечками, перетечками и сжимаемостью рабочей жидкости, учитываются объемным КПД $\eta_{об}$.

Таким образом, полный КПД гидромашины представляет собой произведение трех частных КПД:

$$\eta = \eta_r \eta_m \eta_{об} , \quad (1.14)$$

или

$$\eta = \eta_{гм} \eta_{об} ,$$

где $\eta_{гм}$ – гидромеханический КПД, $\eta_{гм} = \eta_r \eta_m$.

Полный КПД гидромашины зависит от ее конструкции и технического состояния.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается назначение гидроножниц?
2. Назовите основные параметры гидроножниц.
3. Из каких конструктивных элементов состоят гидроножницы?
4. В чем отличие гидроцилиндра от гидромотора?
5. Что понимается под давлением?
6. В каких единицах измеряется давление в системе СИ?
7. Чему равна I техническая атмосфера в системе СИ?
8. Что такое поток жидкости?
9. Что такое объемный расход жидкости?
10. В чем заключается принцип действия гидроцилиндров?
11. Какие бывают гидродвигатели в зависимости от характера движения выходного звена?
12. Из каких основных элементов состоит гидроцилиндр?
13. Назовите основные параметры гидроцилиндра.
14. Как определяется полный КПД гидромашины?
15. Какие потери учитывает гидравлический КПД?
16. Какие потери учитывает объемный КПД?
17. Какие потери учитывает механический КПД?

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ БУР (ГИДРОВРАЩАТЕЛЬ)

2.1. Общие сведения о гидравлических бурах (гидробурах)

Гидравлический бур – навесное оборудование, с помощью которого можно обустроить скважину и отверстие в грунте. Гидробуры с крутящим моментом от 1000 до 80000 Нм применяются для выполнения буровых работ диаметром от 150 до 1500 мм в грунтах с I по VI категории. Гидробуры устанавливаются на экскаваторы, ямобуры, краны-манипуляторы, фронтальные погрузчики, мини-погрузчики (см. рис. 2.1–2.4) [26, 32].



Рис. 2.1. Установка гидробура на экскаватор



Рис. 2.2. Установка гидробура на экскаватор



Рис. 2.3. Установка гидробура на мини-погрузчике



Рис. 2.4. Установка гидробура на манипуляторе

Навесные гидробуры выпускают различные производители: DELTA, IMPULSE, AUGER TORQUE, DIGGA, HYDRA, PILEMASTER, GHEDINI, CANGINIBENNE, MTAG, G.F. GORDINI, PRO-DIG и другие.

Гидробур Delta RD35 устанавливается на гусеничные экскаваторы. Высокий крутящий момент позволяет производить широкий спектр буровых работ. В зависимости от геологии возможно применение различного типа бурового инструмента: шнек, бурковш, колонковый бур.

Конструкции гидробуров представлены на рис 2.5–2.7.

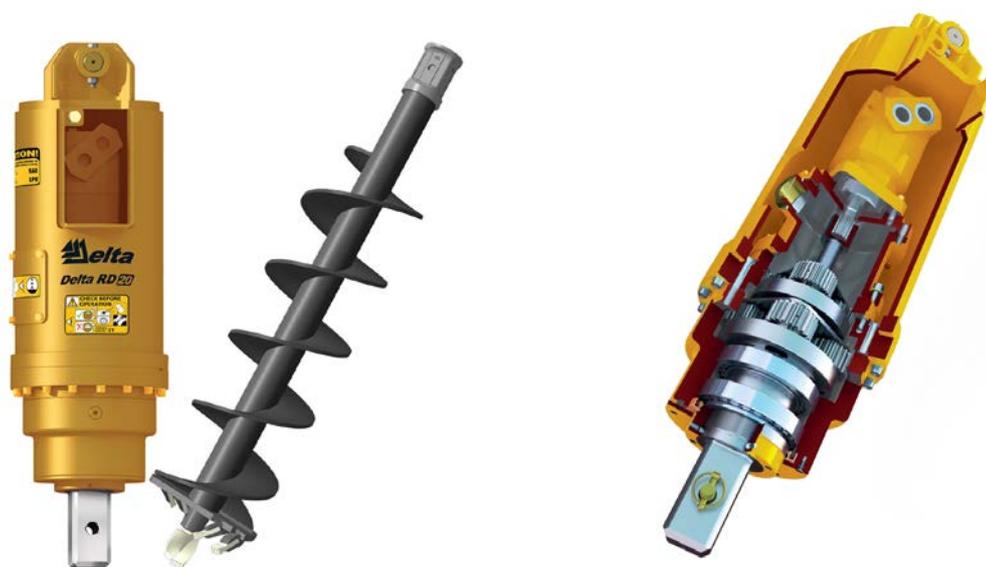


Рис. 2.5. Гидробур



Рис. 2.6. Гидробур с инструментом



Рис. 2.6. Гидробур с инструментом

Сфера применения гидробуров: работы при строительстве линий электропередач, установке заборов и столбов, завинчивания винтовых свай и бурение колодцев.

Большинство современной спецтехники оснащается гидравлическими бурами. Чем крупнее и мощнее техника, тем больше и мощнее бур на нее можно установить. Таким образом, в основном минитехнику используют для бурения отверстий диаметром 10–20 см. Большие крупные экскаваторы можно использовать с гидробурами, диаметр которых не превышает 100 см. А вот на крупногабаритную технику есть возможность устанавливать гидравлические буры, диаметр которых может достигать 150 см. Такие большие гидробуры используют для обустройства разнообразных колодцев.

Большинство стандартных гидравлических буров не превышают 3 метра в длину. Но с помощью специальных удлиняющих конструкций можно увеличивать эту длину в несколько раз. Чаще всего гидробуры на спецтехнике не используют при работе на глубине более 10 метров. Но бывают исключения, когда при наличии мягкой почвы бурение проводят и гораздо глубже. Существует мнение, что для бурения скважин на глубину более 10 метров, лучше использовать специальные бурильные установки, которые устанавливаются на грузовые автомобили.

Гидробур, как правило, подключается к дополнительной гидравлической линии системы базовой машины. Любой гидравлический бур состоит из двух частей: приводного механизма и шнека. Приводом гидробуров является гидромотор (см. рис. 2.5).

Гидромотор вращает выходной вал гидровращателя через планетарный механизм. С его помощью уменьшается скорость вращения гидромотора, повышается крутящий момент на выходе.

2.2. Расчет гидромоторов

Гидромоторы предназначены для преобразования энергии движущейся жидкости в механическую энергию вращения исполнительного органа различных машин и механизмов [1, 4, 8, 9].

Основным требованием при выборе гидромотора является обеспечение исполнительным органом машины необходимого крутящего момента M и частоты вращения n_m .

Питание гидромотора производится либо от общей гидросистемы, либо индивидуальным насосом. Реверсирование направления движения (вращения) гидромотора осуществляется либо с помощью распределителя, либо реверсированием направления подачи насоса.

Скорость вращения вала гидромотора регулируется изменением количества поступающей к нему жидкости или изменением рабочего объема гидромотора.

Обычно в качестве гидромоторов используются объемные роторные гидромашины. Гидромоторы конструктивно мало отличаются от роторных насосов.

По величине крутящего момента и частоты вращения вала гидромоторы можно разделить на две группы: низкомомментные и высокомоментные.

Низкомомментные гидромоторы характеризуются развитием небольшого крутящего момента (10–60 Н·м) и больших частот вращения (60–3000 об/мин). Высокомомментные гидромоторы развивают большой крутящий момент (500–100 000 Н·м) при небольших частотах вращения (до 400 об/мин). Высокомомментные гидромоторы в ос-

новном предназначены для использования без промежуточного звена (редуктора) с целью уменьшения массы, габаритов машины; улучшения динамических характеристик объемного гидропривода.

В качестве низкомоментных гидромоторов в большинстве случаев используют аксиально-поршневые (реже шестеренные и пластинчатые гидромашины).

В качестве высокомоментных гидромоторов в основном используют радиально-поршневые, аксиально-поршневые гидромашины.

Основные параметры гидромотора: рабочий объем q_m , номинальное давление $p_{ном}$, крутящий момент на валу гидромотора M , частота вращения вала n_m , расход рабочей жидкости Q_m .

Мощность, потребляемую гидромотором, определяют по его основным параметрам

$$N_m = p_m Q_m = p_m q_m n_m, \quad (2.1)$$

где N_m – мощность гидромотора, кВт; p_m – перепад давления на гидромоторе, МПа; $p_m = (p_{ном} - \Delta p_n) - \Delta p_c$, здесь $p_{ном}$ – номинальное давление гидропривода, Δp_c – потери давления в напорной и сливной гидролиниях; Q_m – расход жидкости через гидромотор, $\text{дм}^3/\text{с}$; q_m – рабочий объем гидромотора, дм^3 ($\text{дм}^3/\text{об}$); n_m – частота вращения вала гидромотора, с^{-1} ($\text{об}/\text{с}$).

Рабочий объем гидромотора находят по формуле

$$q_m = \frac{2\pi M}{(p_{ном} - \Delta p_n) - \Delta p_c}, \quad (2.2)$$

где q_m – рабочий объем, дм^3 ($\text{дм}^3/\text{об}$); M – крутящий момент на валу гидромотора, кН·м; $p_{ном}$ – номинальное давление гидропривода, МПа; p_n – потери давления в напорной гидролинии, МПа; Δp_c – потери давления в сливной гидролинии, МПа.

Но значение рабочего объема гидромотора должно еще удовлетворять следующему соотношению:

$$Q_{нд} = Q_m = q_m n_m. \quad (2.3)$$

Вторично определяют рабочий объем гидромотора из формулы (2.3):

$$q_m = \frac{Q_{нд}}{n_m}, \quad (2.4)$$

где q_m – рабочий объем, дм^3 ($\text{дм}^3/\text{об}$); $Q_{нд}$ – расход жидкости, $\text{дм}^3/\text{с}$; n_m – частота вращения вала гидромотора, с^{-1} ($\text{об}/\text{с}$).

По среднему значению рабочего объема и номинальному давлению гидропривода производят выбор гидромотора. Для выбора гидромотора могут быть использованы работы [8, 9].

После выбора гидромотора определяют действительные значения частоты вращения вала и крутящего момента, развиваемого гидромотором.

Действительные значения крутящего момента и частоты вращения вала гидромотора вычисляют по формулам

$$M_{д} = \frac{q_{мд}(p_{ном} - \Delta p_n - \Delta p_c)}{2\pi} \cdot \eta_{зм}; \quad (2.5)$$

$$n_{мд} = \frac{Q_{нд}}{q_{мд}} \eta_{об}, \quad (2.6)$$

где $q_{мд}$ – действительный рабочий объем гидромотора, дм^3 ($\text{дм}^3/\text{об}$); $\eta_{зм}$, $\eta_{об}$ – гидромеханический и объемный КПД гидромотора из его технической характеристики.

Далее производят сравнение действительных и заданных параметров по относительным величинам

$$\delta_m = \frac{\Delta M}{M} \cdot 100 \% = \frac{M - M_{д}}{M} \cdot 100 \% ; \quad (2.7)$$

$$\delta_{n_m} = \frac{\Delta n_m}{n_m} \cdot 100 \% = \frac{n_m - n_{мд}}{n_m} \cdot 100 \% . \quad (2.8)$$

Допускаемая величина отклонения не превышает $\pm 10 \%$.

Если отклонение действительных значений выходных параметров гидромотора (крутящий момент и (или) частота вращения вала) превышают $\pm 10\%$, тогда из формулы (2.2) определяют рабочее давление в напорной гидролинии, а из формулы (2.4) находят рекомендуемый расход жидкости для обеспечения заданной частоты вращения вала гидромотора.

Контрольные вопросы и задания

1. Назначение гидробура.
2. Назовите основные параметры гидробура.
3. Из каких конструктивных элементов состоит гидробур?
4. В чем отличие гидроцилиндра от гидромотора?
5. Какие бывают гидродвигатели в зависимости от характера движения выходного звена?
6. Каково назначение гидромотора?
7. Каковы основные параметры гидромотора?
8. Как определяется потребляемая мощность гидромотора?
9. Как определяется полезная мощность гидромотора?

3. ГИДРОУДАРНЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ

3.1. Общие сведения о гидроударниках

Наибольшее распространение среди существующих способов разработки грунтов получил механический. В зависимости от характера силового взаимодействия рабочего органа с разрабатываемым грунтом различают следующие его виды: разработка при малой скорости силового воздействия, ударное, вибрационное, высокоскоростное или их сочетание.

Активизация рабочих органов путем приложения различного рода импульсных нагрузок обеспечивает создание высоких динамических усилий, достаточных для эффективной разработки среды (мерзлого грунта, разрушения негабаритов, асфальтобетонных покрытий), уплотнения грунта [2, 5, 8, 11, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28].

В настоящее время благодаря простой и надежной конструкции большую известность получили гидромолоты, пневмомолоты, электромолоты различных типов, используемые для работы с грунтами (уплотнение, разрушение), с асфальтобетонными, железобетонными покрытиями, а также для выполнения других видов работ. Основными параметрами гидромолотов, выполняющих указанные работы, являются: величина необходимой для разработки грунта энергии удара, частота ударов, ударная мощность.

Машины с активными рабочими органами (см. рис. 3.1–3.2) находят все большее применение в различных областях строительства и производства.



Рис. 3.1. Зуб-рыхлитель к экскаватору ЭО-2621 В2



Рис. 3.2. Гидромолоты HM-330 и HM-440

Гидромолот в общем виде состоит из корпуса, ударника (бойка), движущегося по направляющим корпуса, пневматического или гидравлического аккумулятора и сменного рабочего инструмента. Распределение жидкости у существующих гидромолотов осуществляется системой каналов в бойке и проточек в корпусе или золотниковым распределительным устройством.

Машины с активными рабочими органами (см. рис. 3.3) находят все большее применение в различных областях строительства и производства.

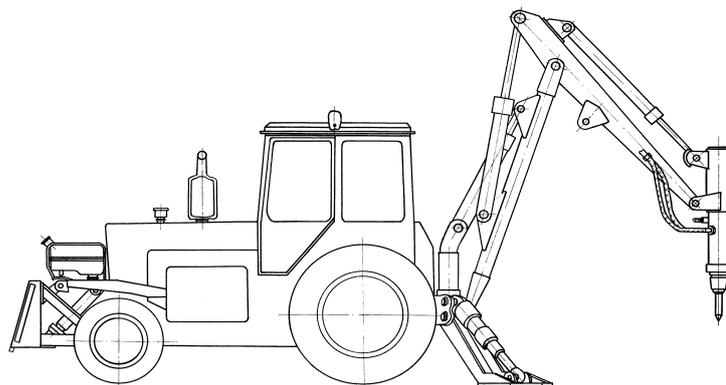


Рис. 3.3. Экскаватор ЭО-2621 с гидромолотом ГПМ-120

Ковши активного действия экскаваторов предназначены для разработки массивов повышенной прочности до VI категории по прочности включительно.

Ковш активного действия включает несколько гидроударных устройств, состоящих из энергетического блока, блока управления рабочим циклом, инструмента, делителя потока и источника питания базовой машины – экскаватора [15].

Различные конструкции ковшей активного действия на основе гидроударников для экскаваторов ЭО-3322 и ЭО-4121, разработанные в различные периоды времени в СибАДИ, представлены на рис. 3.4, 3.6.

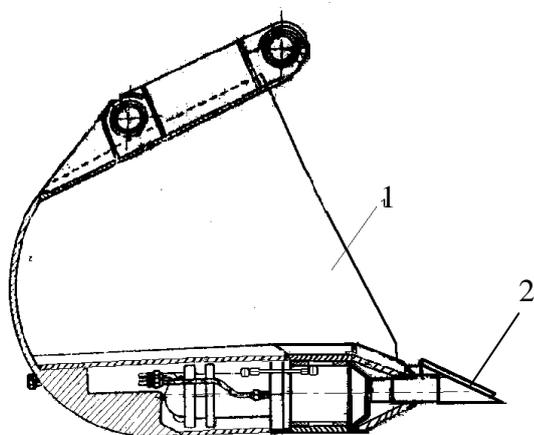


Рис. 3.4. Конструкция ковша активного действия экскаватора ЭО-3322 разработки СибАДИ:
1 – корпус ковша; 2 – ударные зубья

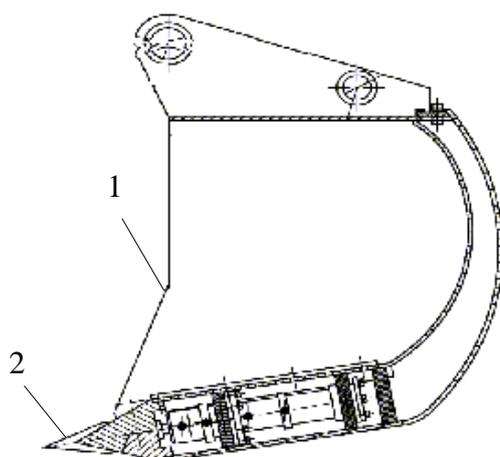


Рис. 3.5. Конструкция ковша активного действия экскаватора ЭО-4121 разработки СибАДИ:
1 – корпус ковша; 2 – ударные зубья

3.2. Классификация, структура гидроударных устройств

Гидравлические ударные устройства условно можно разделить на три группы: гидромеханические – привод ударной части (бойка) осуществляется от гидродвигателя (гидроцилиндра или гидромотора) через промежуточную механическую передачу; гидравлические (гидромолоты двойного действия) – движение ударной части происходит за счет рабочей жидкости, подаваемой насосом базовой машины; гидропневматические – взвод ударной части осуществляется рабочей жидкостью, а рабочий ход происходит за счет энергии сжатого газа пневмоаккумулятора [5, 11, 20, 22].

Опыт создания гидромеханических ударных устройств весьма ограничен. Один из основных их недостатков – наличие сложной механической трансмиссии. Попытки повысить энергию удара влекут за собой резкое увеличение массы и габаритных размеров ударных устройств, что усложняет эксплуатацию оснащенных ими машин и ограничивает возможности их использования.

Недостатком гидравлических ударных устройств (вторая группа) является сложность конструкции, вызванная наличием большого количества гидроаппаратов (золотников, обратных клапанов и др.) в конструкции самого ударного устройства, что уменьшает их надежность в эксплуатации.

Достоинством гидромолотов двойного действия является наличие одного энергоносителя.

Преимущества гидропневматических ударных устройств заключаются в компактности, низкой металлоемкости на единицу энергии удара, простоте регулирования энергии удара изменением давления зарядки газа в пневмоаккумуляторе. Гидропневматические ударные устройства получили наибольшее распространение.

К классу гидропневматических относятся гидромолоты НМ-120, НМ-230, НМ-330, НМ-440 ОАО «Тверьтехоснастка» и др.

Гидропневматическое ударное устройство (как и гидроударники других типов) характеризуется цикличностью функционирования – холостым ходом подвижной части (взводом бойка ударника), заканчивающимся фазой торможения и рабочим ходом бойка (нанесением удара по обрабатываемой среде).

Гидропневмоударное устройство имеет, как правило, три полости: газовую (пневмоаккумуляторную), взводящую и сливную. После окончания холостого хода взводящая полость соединяется со сливной, и под действием энергии сжатого газа пневмоаккумулятора подвижные части (боек) гидропневмоударника совершают рабочий ход – нанесение удара. Полость взвода соединяется со сливной полостью при помощи распределительных устройств (блоков управления рабочим циклом): золотника, трубчатого клапана, втулки управления и др.

Полости взвода и пневмоаккумуляторная полость являются основными, обеспечивающими рабочий процесс гидроударника.

Гидроимпульсная система (см. рис. 3.6) включает следующие основные элементы: источник питания (насос) базовой машины (манипулятора) и гидроударное устройство, состоящее из энергетического блока, блока управления рабочим циклом и инструмента б.

Под гидроударным устройством понимается механизм, в котором энергия подводимой к нему жидкости генерируется в импульсы силы определенной частоты и интенсивности, воздействующие на некоторую обрабатываемую среду.

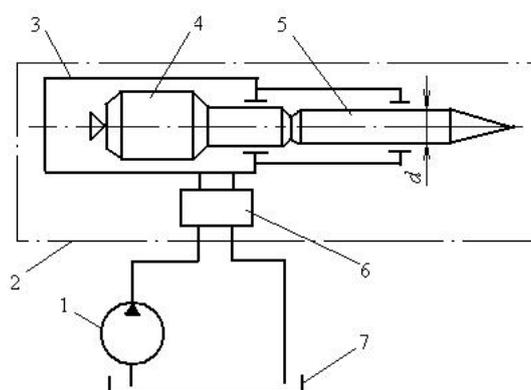


Рис. 3.6. Схема гидроимпульсной системы:
 1 – насос; 2 – гидроударное устройство; 3 – корпус; 4 – поршень боек;
 5 – инструмент (d – диаметр хвостовика инструмента);
 6 – блок управления; 7 – гидробак

Энергетический блок преобразует непрерывно подводимую от насоса энергию в дискретную энергию с большим значением ударной мощности. Энергетический блок включает корпусные детали, подвижные детали и рабочие полости. Блок управления рабочим циклом предназначен для управления преобразованием непрерывно подводимой энергии в периодические импульсы.

На рис. 3.7 представлена схема гидропневматического ударного устройства.

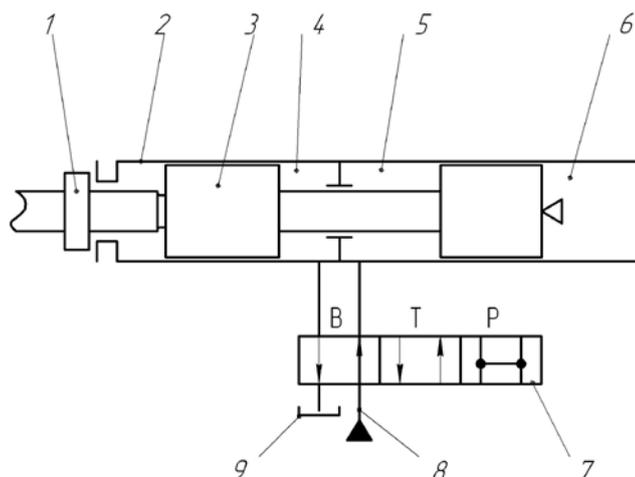


Рис. 3.7. Схема гидропневматического ударного устройства:
 1 – инструмент; 2 – корпус; 3 – боек; 4 – камера низкого давления;
 5 – камера высокого давления; 6 – пневмоаккумуляторная камера;
 7 – орган управления рабочим циклом; 8 – напорная гидролиния;
 9 – гидробак; (*B* – взвод бойка; *T* – торможение; *P* – разгон (рабочий ход))

Органы управления рабочим циклом, осуществляющие распределение потоков жидкости в гидроударнике, представлены в виде гидрораспределителя, позиции которого соответствуют: *B* – взводу бойка, *T* – торможению, *P* – рабочему ходу бойка.

3.3. Основные параметры, расчет гидроударных устройств

К основным параметрам гидроударников (гидромолотов) относятся:

- энергия единичного удара – T ;
- масса подвижных частей (бойка) – m ;
- частота ударов – n ;

- эффективная (ударная) мощность – $N_{уд}$;
- коэффициент полезного действия (КПД) – η ;
- масса гидроударника – M .

Значения приведенных параметров используются при проектировании гидромолотов.

Исходными данными для выбора и расчета основных параметров гидромолотов являются мощность насосной станции $N_{пр}$ (приводная) базовой машины и масса базовой машины.

Эффективная (ударная) мощность гидромолотов определяется из выражения $N_{уд} = T \cdot \frac{n}{60}$ (n – количество ударов в минуту).

Энергия единичного удара определяется выражением

$$T = m \cdot V_1^2 / 2 , \quad (3.1)$$

где m – масса подвижных частей; V_1 – скорость подвижных частей в момент удара.

Конкретные значения энергии единичного удара могут быть получены различным сочетанием m и V_1 .

Нужно иметь в виду, что эффективность процесса воздействия на обрабатываемую среду в значительной степени зависит от количества движения (импульса тела), равного $S = m \cdot V_1$.

Следовательно, при конструировании гидромолотов максимально возможную энергию единичного удара необходимо получать за счет снижения скорости бойка при соответствующем увеличении массы бойка.

При проектировании гидромолотов необходимо стремиться к повышению ударной мощности и КПД устройства для повышения эффективности разработки грунта.

Анализ статистических данных по гидромолотам зарубежных фирм позволил выявить тесную связь и получить уравнения регрессии между следующими его основными параметрами [5, 11, 20]:

- диаметром хвостовика инструмента гидромолота и энергией единичного удара гидромолота (T):

$$d(T)=a_0+a_1\cdot T+a_2\cdot T^2, \quad (3.2)$$

где a_0 , a_1 , a_2 – коэффициенты, $a_0 = 49,17$; $a_1 = 0,0354$; $a_2 = -2,8885 \cdot 10^{-6}$; T – энергия единичного удара, Дж, $T \in (200, 6000)$;

- массой гидромолота и энергией единичного удара гидромолота (T):

$$M(T)=a_0+a_1\cdot T+a_2\cdot T^2, \quad (3.3)$$

где a_0 , a_1 , a_2 – коэффициенты, $a_0 = 3,20$; $a_1 = 0,5704$; $a_2 = -0,000035$; T – энергия единичного удара, Дж, $T \in (200, 6000)$.

Уравнение сохранения энергии для рабочего хода бойка записывается следующим образом:

$$W_a = T + A_z + A_{mp}, \quad (3.4)$$

где W_a – энергия, развиваемая пневмоаккумулятором при расширении газа, Дж; T – требуемая кинетическая энергия единичного удара, Дж; A_z – работа, расходуемая на преодоление гидравлических сопротивлений при вытеснении рабочей жидкости из взводящей полости, Дж; A_{mp} – работа сил механического трения при разгоне бойка, Дж.

Поскольку определение работ A_z , A_{mp} представляет определенные трудности на начальном этапе проектирования гидроударника, то необходимое значение энергии можно определить по формуле

$$W_a = T / \eta_{раз}, \quad (3.5)$$

где $\eta_{раз}$ – КПД разгона гидроударного устройства, учитывающий потери энергии на перетекание жидкости и механическое трение при разгоне бойка; значение $\eta_{раз}$ можно принимать 0,6–0,8.

Энергия, развиваемая пневмоаккумулятором, зависит от его параметров и записывается следующим образом:

$$W_a = \frac{p_{r1} \cdot V_{r1}}{n-1} \cdot \left(\frac{E_c^n - E_{c1}}{E_c^n} \right), \quad (3.6)$$

где W_a – энергия пневмоаккумулятора, Дж; p_{r1} – максимальное давление сжатого газа в пневмоаккумуляторе, Па; V_{r1} – объем, занимаемый газом при давлении, p_{r1} , м³; n – показатель политропы, $n = 1,25–1,65$; E_c – степень сжатия газа, $E_c = 1,5–3,5$.

Степень сжатия газа определяется по формуле

$$E_c = V_{z0} / V_{z1}, \quad (3.7)$$

где V_{z0} – начальный объем, занимаемый газом, м³.

Максимальное давление газа зависит от давления зарядки пневмоаккумулятора и определяется выражением

$$p_{r1} = p_{z0} \cdot E_c^n, \quad (3.8)$$

где p_{z0} – давление зарядки; $p_{z0} \geq 0,5–1,5$ МПа.

По формулам (3.4–3.8) делаются расчеты нескольких вариантов пневмоаккумуляторов, выбираются необходимые параметры.

В качестве газа в пневмоаккумуляторе используется азот.

В расчетах необходимо учитывать, что показатель политропы для азота изменяется в диапазоне 1,25–1,65 (зависит от давления газа и температуры).

Масса бойка (подвижных частей) гидроударного устройства определяется исходя из требуемой энергии единичного удара и скорости подвижных частей в момент удара (которая берется в пределах 4–8 м/с) по формуле

$$m = 2 \cdot T / V_1^2, \quad (3.9)$$

где m – масса бойка, кг; T – кинетическая энергия единичного удара, Дж; V_1 – скорость бойка в момент удара, м/с.

Такие геометрические параметры гидроударника, как диаметры поршня, штока, рабочие площади взводящей, сливной полостей, зависят от максимального значения давления газа в пневмоаккумуляторе и номинального давления в гидроприводе базовой машины. При этом максимальное давление во взводящей полости гидроударника не должно быть больше номинального давления рабочей жидкости в гидроприводе базовой машины.

Диаметры поршня, штока выбираются также с учетом применяемых диаметров поршней, штоков в гидроцилиндрах экскаваторов (для унификации уплотняющих элементов: резиновых колец, манжет), а также с учетом конструктивных соображений, например, для обеспечения требуемой массы подвижных частей гидроударника.

Частота ударов гидроударника зависит от времени цикла, на которое влияют ход бойка, рабочая площадь взводящей полости, подача насоса базовой машины.

Время идеального рабочего цикла гидроударного устройства (без учета времени задержки взвода) определяется по формуле

$$T_u = t_{xx} + t_{px}, \quad (3.10)$$

где T_u – время цикла, с; t_{xx} – время холостого хода, с; t_{px} – время рабочего хода, с.

Коэффициент асимметрии рабочего цикла k_a определяется по формуле

$$k_a = t_{xx} / t_{px}. \quad (3.11)$$

Значения коэффициента k_a в расчетах принимаются равными $k_a = 5-10$.

Время холостого хода определяется из выражения

$$t_{xx} = S_g \cdot l / Q, \quad (3.12)$$

где t_{xx} – время холостого хода, с; S_g – рабочая (эффективная) площадь взводящей полости; l – ход подвижных частей, м; Q_1 – расход рабочей жидкости, равный подаче насоса базовой машины.

С учетом формул (3.11) и (3.12) время цикла равно

$$T_u = \frac{S_6 \cdot l}{Q_1} \cdot \left(t + \frac{1}{k_a} \right). \quad (3.13)$$

Частота ударов определяется выражением

$$n = 1/T_u. \quad (3.14)$$

Зная энергию и частоту ударов, определяем эффективную ударную мощность по формуле $N_{y\partial} = T \cdot n$.

КПД гидроударного устройства определяется отношением эффективной ударной мощности к мощности, развиваемой насосом базовой машины,

$$\eta = N_{y\partial} / N_n, \quad (3.15)$$

где N_n – мощность, развиваемая насосом, Вт, $N_n = p_{cp} \cdot Q_1$, здесь p_{cp} – среднее давление во взводящей полости, Па; Q_1 – подача насоса, м³/с.

Среднее давление гидропривода за цикл определяется по формуле

$$p_{cp} = \frac{1}{T_u} \int_0^{T_u} p(t) dt, \quad (3.16)$$

где $p(t)$ – функция изменения давления во взводящей полости гидроударного устройства.

Выделяют также КПД разгона, который вычисляется отношением энергии единичного удара к энергии сжатого газа пневмоаккумулятора (см. формулу 3.6).

Работоспособность гидроударного устройства во многом зависит от правильности выбора материала, посадок подвижных соединений, чистоты рабочих поверхностей, типов уплотнений и учета дру-

гих факторов при конструировании гидроударного устройства. Поскольку в настоящее время практически отсутствует широкодоступная литература по конструированию гидроударных устройств, то целесообразно применять имеющиеся рекомендации к гидроцилиндрам.

Контрольные вопросы и задания

1. Назначение гидроударника.
2. Назовите основные параметры гидроударника.
3. Из каких конструктивных элементов состоит гидроударник?
4. В чем отличие гидроцилиндра от гидроударника?
5. Какие бывают гидродвигатели в зависимости от характера движения выходного звена?
6. Как определяется энергия единичного удара?
7. Как определяется частота ударов?
8. Как определяется КПД гидроударника?
9. Как определяется полезная мощность гидромотора?

4. РАБОЧИЕ ОРГАНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ТРАМБОВАНИЕМ

4.1. Особенности уплотнения грунта трамбованием

Эффективная работа грунтоуплотняющих машин возможна лишь в том случае, если при их создании учтены физико-механические свойства грунтов [24].

В грунтах принято различать три фазы: твердую, жидкую и газообразную. От свойств этих компонентов, их количества, характера взаимодействия зависят физико-механические свойства грунтов. Соотношение в грунте частиц различного размера характеризуется его зерновым составом, который положен в основу классификации грунтов. Крупность минеральных частиц в грунтах обычно менее 2 мм.

По дорожной классификации частицы размерами меньше 0,005 мм принято называть глинистыми, от 0,005 до 0,05 мм – пылеватыми и от 0,05 до 2 мм – песчаными. Грунты условно разделяют на связные, несвязные и малосвязные [24]. К связным относятся грунты, содержащие более 12 % глинистых частиц, а к несвязным – грунты, где их содержание не превосходит 3 %. Грунты, где количество глинистых частиц находится в пределах 4–11 %, относятся к малосвязным .

Целью уплотнения грунтов является получение плотной и прочной структуры, способной без значительных деформаций выдерживать действующие нагрузки и климатические факторы.

Многочисленные исследования показали, что механические характеристики грунтов (модуль общей деформации, сцепление, угол внутреннего трения) зависят от его физических характеристик и главным образом от влажности и плотности скелета грунта.

Критерием оценки качества уплотнения грунтов принята величина максимальной плотности, достигнутой при оптимальной влажности.

Нормами плотности устанавливаются значения коэффициента уплотнения k . Для ответственных земляных сооружений этот коэффициент нормируется в пределах 0,98–1,0. Следует отметить, что плотность, равная (0,95–0,98) δ_{\max} , является расчетной при проекти-

ровании всех видов машин для уплотнения грунтов. Достижение более высокой плотности $1,0 \delta_{\max}$ возможно путем увеличения числа проходов машин или методом снижения толщины уплотняемого слоя грунта.

В строительстве применяются следующие основные способы уплотнения грунтов: укатка, трамбование, вибрационный и комбинированный. На рис. 4.1 представлена классификация способов и средств механизированного уплотнения грунта.



Рис. 4.1. Классификация способов и средств механизированного уплотнения грунтов

Трамбование – эффективный способ уплотнения грунтов. При таком способе грунт уплотняется за счет энергии удара рабочего органа. Трамбование – универсальный способ уплотнения грунтов, потому что он пригоден для уплотнения как связных, так и несвязных грунтов на достаточно большую глубину (до 1–1,5 м и более), а также возможно его применение в условиях зимнего строительства. Этот способ является наиболее рациональным при работе в стесненных условиях, так как позволяет производить уплотнение грунта в различных выемках, траншеях, котлованах и т.д. на достаточно большую глубину.

Многочисленные исследования, опыты и практика уплотнения грунтов трамбованием показали, что эффективность уплотнения

(качество уплотнения, глубина уплотнения), энергоемкость уплотнения, необходимое число повторностей приложения ударной нагрузки зависят в конечном итоге от основных параметров рабочих органов трамбуемых машин [14, 21, 24].

Анализ исследований уплотнения грунта трамбованием показал, что наибольшее распространение для расчета параметров трамбуемых рабочих органов получила теория Н.Я. Хархуты.

Эта теория [24] основана на использовании уравнения количества движения с оценкой эффективности уплотняющего воздействия трамбуемого рабочего органа на грунт по величине удельного импульса удара.

Исследованиями Н.Я. Хархуты установлено, что эффективнее уплотнение получается тогда, когда величина контактного напряжения рабочего органа с грунтом σ_0 составляет 0,9–1,0 от предела прочности грунта σ_p , т.е. $\sigma_0 = (0,9–1,0)\sigma_p$.

Теория удельных импульсов Н.Я. Хархуты подтверждается результатами многочисленных исследований и практическим опытом.

Под удельным импульсом удара понимается импульс, приходящийся на единицу контактной поверхности. Он может быть найден из выражения

$$i = m \cdot V_1 / S , \quad (4.1)$$

где i – удельный импульс удара, Па·с; S – площадь контактной поверхности трамбуемой плиты с грунтом, м²; m – масса подвижных частей, кг; V_1 – скорость в момент удара, м/с.

Рекомендуемые значения предельных удельных импульсов (i_p , МПа·с) для грунтов оптимальной влажности следующие [24]:

- а) грунты малосвязные (супеси) 0,005–0,008;
- б) грунты средней связности (суглинки) 0,008–0,015;
- в) грунты высокой степени связности (тяжелые суглинки) 0,015–0,022;
- г) грунты весьма связные (глины) 0,022–0,030.

Н.Я. Хархута получил формулу для определения величины максимального значения контактного напряжения на поверхности грунта σ_0 :

$$\sigma_0 = \alpha \cdot i/\tau, \quad (4.2)$$

где α – определяемый опытным путем безразмерный коэффициент, который учитывает форму импульса и другие факторы; τ – время удара, с.

Многочисленные опыты позволили установить численные значения пределов прочности грунта при оптимальной влажности и плотности $\delta=0,95\delta_{\max}$, которые приведены в табл. 4.1 [24].

Таблица 4.1

Пределы прочности грунтов

Грунты	Предел прочности грунта, σ_p , МПа
Малосвязные (песчаные, супесчаные)	0,3–0,7
Средней связности (суглинистые)	0,7–1,2
Высокой связности (тяжелосуглинистые)	1,2–2,0
Весьма связные (глинистые)	2,0–2,3

4.2. Анализ конструкций машин для уплотнения грунта трамбованием

Основная масса (около 70%) всех грунтов в строительстве – связные грунты, что значительно повышает требования к средствам уплотнения грунтов, в том числе и в стесненных условиях строительного производства.

Трамбовущая машина Д-471В (ДУ-12В) (см. рис. 4.2) на базе трактора Т-130 предназначена для послойного уплотнения связных и несвязных грунтов на глубину до 1,0–1,2 м при отсыпке земляного полотна железных и автомобильных дорог, дамб, плотин и других земляных сооружений.

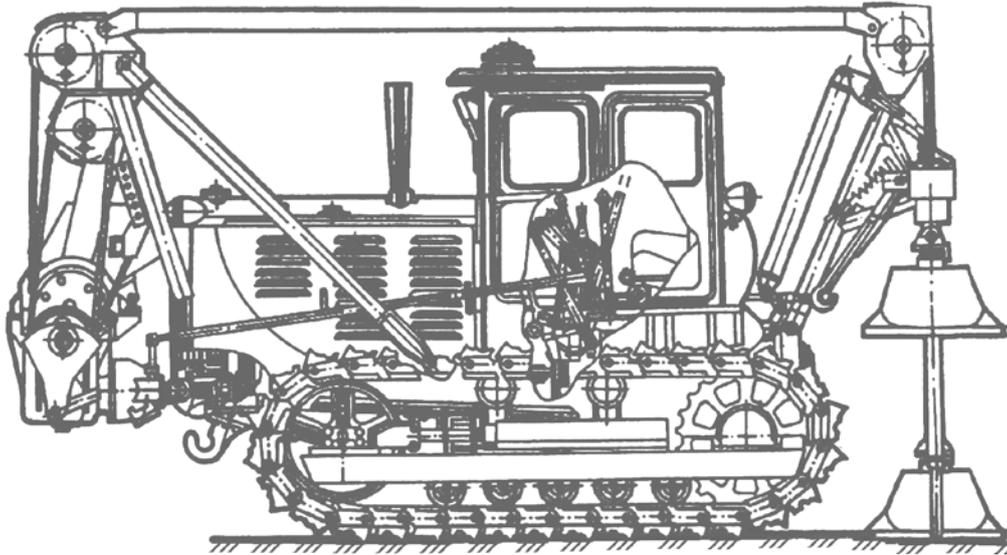


Рис. 4.2. Трамбующая машина Д-471В (ДУ-12В)

Рабочими органами машины являются две плиты массой 1300 кг, поочередно поднимаемые на высоту 1,2 м и свободно сбрасываемые кривошипно-полиспастным механизмом. Трамбующую машину Д-471В рекомендуется применять при больших объемах и широком фронте работ [14].

Трамбующие машины со свободно падающими плитами отличаются высокой металлоемкостью, большими габаритами, низкой маневренностью, а также тем, что рабочий орган в этих машинах не обеспечивает возможность уплотнения грунтов в значительном удалении от базовой машины. Поэтому эти машины находят ограниченное применение при уплотнении грунтов в стесненных условиях.

В последнее время распространение получают трамбующие машины с рабочим органом двойного действия. Они разделяются по виду привода на дизельные, электрические, электромагнитные, гидравлические, пневматические, механические, взрывного действия и комбинированные.

В последние годы широкое распространение гидравлических экскаваторов способствует появлению различного вида сменного навесного оборудования к этим машинам, в том числе и для уплотнения грунта.

Наличие управляемой стрелы и рукояти позволяет выносить грунтоуплотняющее оборудование на значительное расстояние от экскаватора, опускать, поднимать, поворачивать, устанавливать его в заданное положение и удерживать в таком состоянии.

Основными производителями грунтоуплотняющего оборудования за рубежом (см. рис. 4.3–4.6) являются фирмы Германии, США, Англии, Франции, Японии, Швеции и др. [30, 32].

Несмотря на большое разнообразие конструктивных решений, навесное грунтоуплотняющее оборудование к гидравлическим экскаваторам, выпускаемое за рубежом, состоит в основном из вибровозбудителя с дебалансными валами, приводимого в движение гидромотором, уплотняющей плиты и подвески к экскаватору. Недостатком такого оборудования является то, что оно способно уплотнять только несвязные и малосвязные грунты, а наличие вращающихся деталей, ременных передач приводит к снижению долговечности, надежности подшипниковых узлов и всего оборудования в целом.



Рис. 4.3. Трамбующая машина



Рис. 4.4. Трамбовочные пластины SBV 360 4WD STEINR



Рис. 4.5. Бензиновые вибротрамбовки



Рис. 4.6. Трамбующее навесное оборудование

Наиболее перспективными навесными грунтоуплотняющими машинами к экскаваторам являются гидротрамбовки на основе гидравлических ударных устройств. Важные преимущества гидроударного оборудования – универсальность и широкая область применения для выполнения различных видов работ.

4.3. Расчет параметров трамбуемого рабочего органа

Выбор основных параметров трамбуемого рабочего органа сводится к определению массы подвижных частей, общей массы трамбуемого рабочего органа, скорости в момент удара, требуемой энергии удара, а также размеров трамбуемой плиты. Указанные параметры должны обеспечить получение требуемой плотности в слое грунта заданной толщины. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы достижение требуемой плотности происходило при минимальном числе ударов. Это условие обеспечивается выбором удельного импульса удара, близким к предельному, а контактного напряжения, близким к пределу прочности грунта [24].

Рабочий орган ударного действия для уплотнения грунта – гидротрамбовка – является сменным рабочим оборудованием экскаватора и навешивается на него вместо ковша, в связи с чем общая масса гидротрамбовки не должна превышать массы ковша с грунтом.

Гидротрамбовки могут быть выполнены по четырем принципиально возможным схемам (см. рис. 4.7):

- а) с непосредственным ударом трамбуемой плиты по грунту;
- б) с непосредственным ударом плиты по грунту и дополнительной опорной (поджимной) плитой;
- в) с ударом по грунту через шабот;
- г) с ударом по грунту через шабот и дополнительной опорной (поджимной) плитой.

Первая и вторая схемы (а, б) являются предпочтительнее, так как при этом обеспечивается высокая эффективность по уплотнению и более высокий КПД удара. По второй схеме уменьшается динамическое воздействие на экскаватор.

При определении параметров гидротрамбовки считается, что ее корпус жестко крепится к базовой машине.

Расчетная схема гидротрамбовки представлена на рис. 4.8. Исходными данными для расчета параметров гидротрамбовки являются:

а) вид грунта (характеризуется удельным импульсом удара i , пределом прочности σ_p , влажностью W);

б) требуемая плотность уплотнения грунта $\bar{\delta} = \delta/\delta_{\max}$, обычно принимается $\bar{\delta} = k = 0,98$;

в) толщина уплотняемого слоя грунта H_0 .

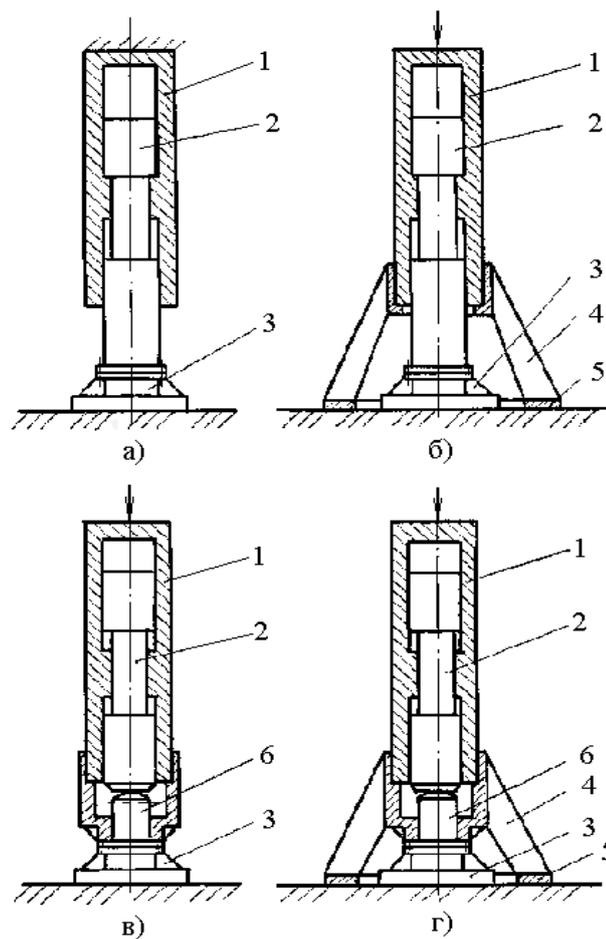


Рис. 4.7. Принципиальные схемы гидротрамбовок:
 1 – корпус; 2 – подвижные части; 3 – сменная трамбуемая плита;
 4 – кронштейн; 5 – дополнительная опорная плита; 6 – шабот

Геометрические размеры трамбующей плиты при оптимальных влажностях грунтов выбираются из условия [24]:

$$B_{\min} \geq \frac{H_0}{\alpha \left(1 - e^{-\frac{3,7 \sigma_0}{\sigma_p}} \right)} \quad (4.3)$$

Площадь контактной поверхности трамбующей плиты с грунтом равна $S = \pi B^2/4$ для круглой плиты и $S = B^2$ для квадратной плиты.

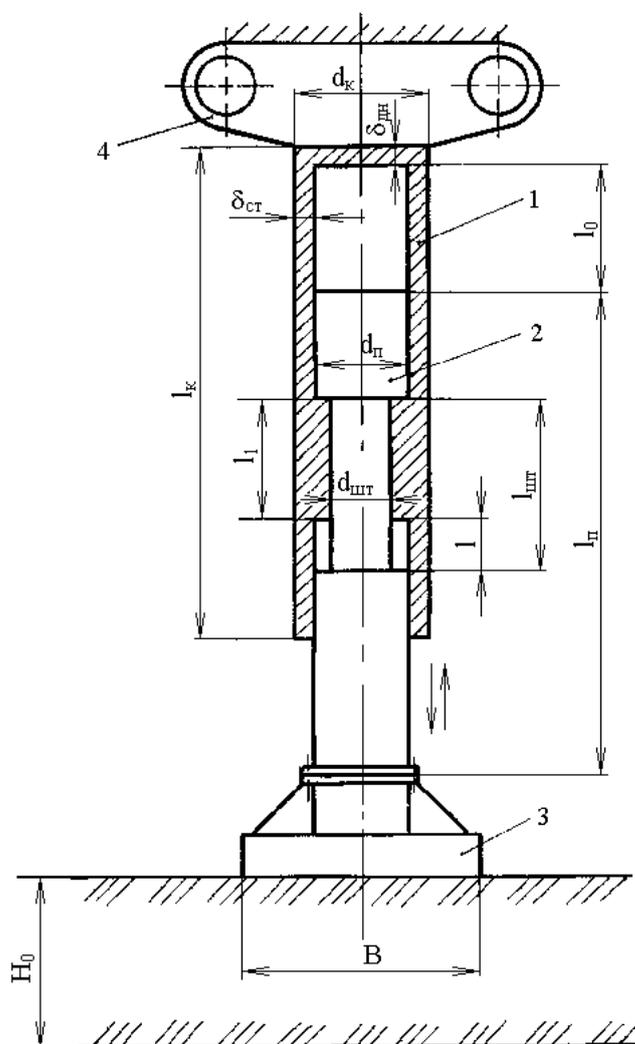


Рис. 4.8. Расчетная схема гидротрамбовки:
 1 – корпус; 2 – подвижные части; 3 – сменная трамбующая плита;
 4 – переходный кронштейн

Значения размеров трамбующей плиты B_{\min} , вычисленные по уравнению (4.3), приведены на рис. 4.9, 4.10.

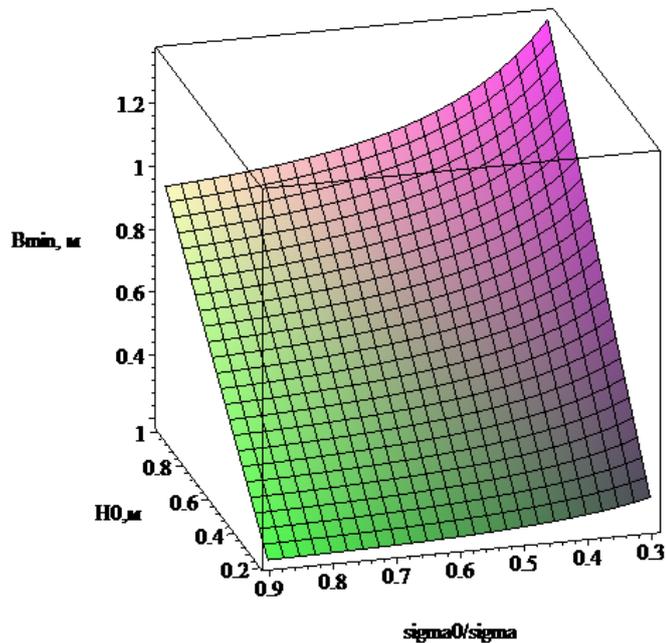


Рис. 4.9. Зависимость поперечного размера трамбующей плиты B_{\min} от толщины уплотняемого слоя грунта H_0 и отношения σ_0/σ (при $\alpha = 1,1$ – для связных грунтов)

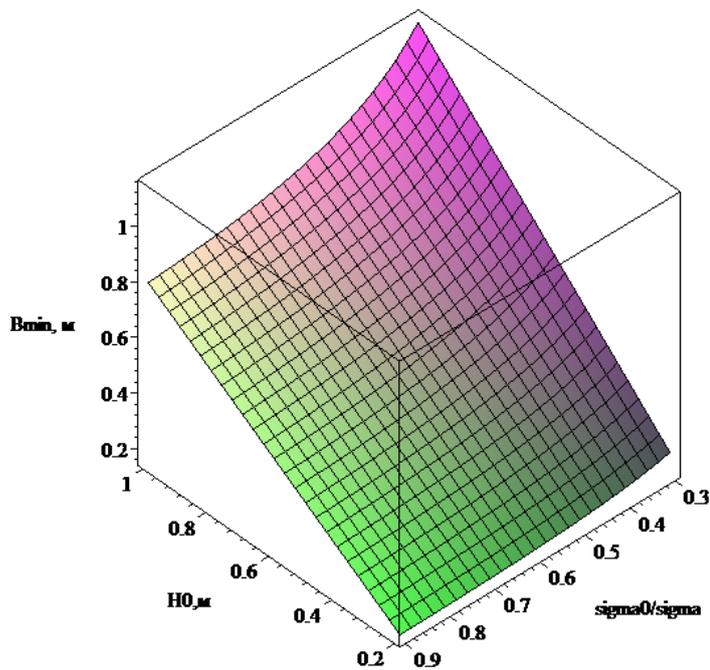


Рис. 4.10. Зависимость поперечного размера трамбующей плиты B_{\min} от толщины уплотняемого слоя грунта H_0 и отношения σ_0/σ (при $\alpha = 1,3$ – для несвязных грунтов)

Методика расчета параметров трамбуемого рабочего органа изложена в работах [11, 14, 24].

Общая масса гидротрамбовки (следовательно, и масса подвижных частей) ограничена, и ее максимальное значение составляет примерно 340–700, 960–1170 и 1510–2200 кг для экскаваторов типа ЭО-2621, ЭО-3322, ЭО-4121 соответственно.

Из расчетной схемы (см. рис. 4.8) видно, что масса гидротрамбовки зависит от таких конструктивных параметров гидроударника, как диаметры корпуса d_K , поршня d_{Π} , штока $d_{шт}$, длин корпуса l_K , штока $l_{шт}$, подвижных частей гидроударника l_{Π} .

Таким образом, в первом приближении общая масса гидротрамбовки определяется по формуле

$$m_{зм} = m_{zy} + m_{пл} , \quad (4.4)$$

где $m_{зм}$ – общая масса гидротрамбовки; $m_{пл}$ – масса сменной трамбующей плиты; m_{zy} – масса гидроударника.

Масса гидроударника определяется по формуле

$$m_{zy} = m_{нzy} + m_K + m_{кр} , \quad (4.5)$$

где $m_{нzy}$ – масса подвижных частей гидроударника; m_K – масса корпуса; $m_{кр}$ – масса переходного кронштейна для крепления к экскаватору.

Ориентировочно можно принимать $m_{кр} = k_{кр}(m_{нzy} + m_K)$, где $k_{кр} = 0,10–0,15$, но $m_{кр} \geq 50$ кг.

Масса подвижных частей гидротрамбовки равна

$$m = m_{нzy} + m_{пл} . \quad (4.6)$$

Масса корпуса зависит от конструктивных параметров и определяется по формуле

$$m_k = \frac{\pi}{4} [(d_k^2 - d_n^2)(l_k - l_1) + (d_k^2 - d_{um}^2)l_1 + d_n^2 \cdot \delta_{дн}] \cdot \rho_m \cdot k_k, \quad (4.7)$$

где d_k – диаметр корпуса, $d_k = d_n + 2\delta_{ст}$; $\delta_{дн}$ – толщина днища корпуса; ρ_m – плотность материала корпуса; k_k – коэффициент, учитывающий крепежные элементы и другие детали, $k_k = 1,1$.

Толщина днища, стенки корпуса вычисляется по формулам

$$\delta_{дн} = 0,433d_n \sqrt{\frac{p_{max}}{[\sigma]}}, \quad (4.8)$$

$$\delta_{ст} = \frac{p_{max} \cdot d_n}{2 \cdot [\sigma]}, \quad (4.9)$$

где p_{max} – максимальное давление в полости гидроударника; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала корпуса.

Масса подвижных частей гидроударника определяется по формуле

$$m_{пзч} = \frac{\pi}{4} [d_n^2(l_n - l_1) + d_{um}^2 \cdot l_1] \cdot \rho_m. \quad (4.10)$$

Вычисление массы корпуса и подвижных частей гидроударника необходимо также для проведения технико-экономических расчетов, поскольку себестоимость изготовления оценивается по удельным показателям, а за основной параметр принимается масса изделия. В гидротрамбовке наиболее трудоемкими при изготовлении являются корпус и поршни гидроударника. Переходный кронштейн и трамбуемая плита сложности в изготовлении не представляют.

На рис. 4.11 показаны полученные зависимости массы корпуса гидроударника от его конструктивных параметров.

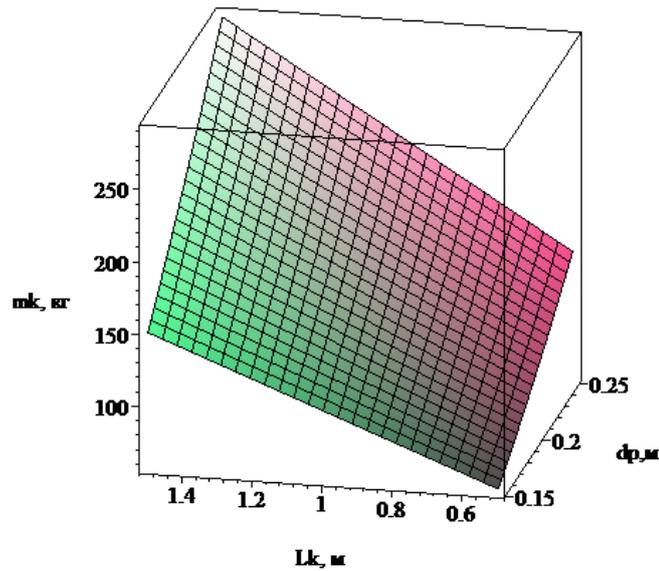


Рис. 4.11. Зависимость массы корпуса гидроударника от диаметра поршня при различных значениях длины l_k

На рис. 4.12 показаны полученные зависимости массы подвижных частей (бойка) гидроударника от его конструктивных параметров.

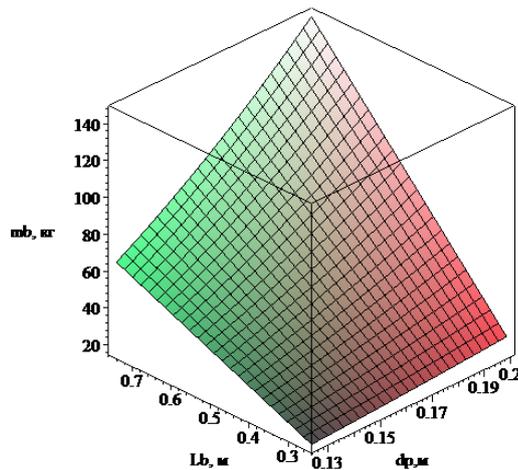


Рис. 4.12. Зависимость массы бойка гидроударника от диаметра поршня при различных значениях длины бойка ($d_{шт} = 0,1$ м)

Приведенные зависимости позволяют определять массу корпуса, бойка гидроударника от его конструктивных параметров.

Из графиков видно, что в первом приближении отношение $m_k / m_{гг}$ можно принимать равным 0,82–0,90, а отношение $m_{гг} / m_{\bar{e}}$ равно 2,0–2,4. Указанными значениями можно пользоваться при проектировании гидротрамбовки.

4.4. Производительность и обоснование технических требований к трамбующему рабочему органу

Техническая производительность уплотнения грунта трамбованием определяется согласно [24] по формуле

$$P_m = 60SH_0n / n_n , \quad (4.11)$$

где P_T – техническая производительность, м³/ч; n_n – число ударов, необходимое для доведения грунта до требуемой плотности; n – частота ударов в минуту гидротрамбовки.

Эксплуатационная производительность определяется по формуле

$$P_э = P_m \cdot k_э \cdot k_{yn} , \quad (4.12)$$

где $k_э$ – коэффициент использования базовой машины по времени в течение смены, $k_э = 0,75$; k_{yn} – коэффициент, учитывающий потери времени на перестановку рабочего оборудования и перемещение базовой машины, $k_{yn} = 0,3–0,5$.

Необходимое число ударов n_n по одному следу трамбуемого рабочего органа находится по формуле [24]:

$$n_n = \frac{k_n \cdot H \cdot i_p}{i \cdot H_0} , \quad (4.13)$$

где k_n – коэффициент, выбираемый по табл. 4.2; H – толщина уплотняемого слоя; H_0 – оптимальная толщина; i , i_p – значения действительного и предельного удельного ударного импульсов.

Таблица 4.2

Значения коэффициента $k_{\text{д}}$

Требуемая плотность $\frac{\delta}{\delta_{\text{max}}}$	Связный грунт	Несвязный грунт
0,95	4	2
0,98	7	4
1,00	14	10

Из формулы (4.11) видно, что техническую производительность можно повысить за счет увеличения толщины уплотняемого слоя грунта и увеличения частоты ударов.

Повышение толщины уплотняемого слоя грунта, как это следует из формулы (4.3), влечет за собой увеличение геометрических размеров трамбуемой плиты, что (при сохранении одинакового значения удельного ударного импульса и контактного напряжения) приводит к увеличению массы подвижных частей и гидротрамбовки в целом.

Частота ударов гидротрамбовки зависит от конструктивных параметров гидроударника (хода подвижных частей, диаметров поршня, штока и др.), параметров базовой машины.

Что касается числа ударов по одному месту, то, как видно из формулы (4.13), оно является необходимым при рациональных параметрах гидротрамбовки (трамбуемого рабочего органа).

Повышение эксплуатационной производительности гидротрамбовки возможно за счет повышения маневренности базовой машины, которая в значительной степени зависит от квалификации обслуживающего персонала (машиниста).

В итоге можно отметить, что максимальная производительность будет достигнута гидротрамбовкой с рациональными параметрами, т.е. той, которая обеспечивает требуемые удельный ударный импульс и контактные напряжения на поверхности грунта.

Назначение гидротрамбовки в основном определяет ее конструкцию и технические требования, предъявляемые к ней, которые часто противоречивы. Технические требования к таким параметрам гидротрамбовки, как энергия удара, частота ударов, влияют на производительность машины. Энергия и частота ударов зависят от параметров

обрабатываемой среды и базовой машины. Экономические требования определяются стоимостью изготовления и обслуживания. Надежность и долговечность зависят от надежности деталей, узлов и всей гидротрамбовки в целом. Эргономические требования определяются удобством работы и управления, уровнями вибрации на рабочем месте машиниста, шума.

Основными техническими требованиями, предъявляемыми к гидротрамбовкам, являются следующие:

- а) возможность уплотнения различных грунтов на толщину не менее 0,3–0,7 м с коэффициентом уплотнения не ниже 0,95–0,98;
- б) возможность уплотнения грунта на откосах;
- в) возможность регулирования массы подвижных частей (трамбующей плиты), скорости, энергии удара в зависимости от толщины уплотняемого слоя и вида грунта;
- г) возможность регулирования частоты ударов до 100–160 в мин;
- д) должна обеспечиваться возможность регулирования хода подвижных частей до 0,15–0,20 м;
- е) конструкция гидротрамбовки должна быть простой, ремонтно-пригодной;
- ж) гидротрамбовка должна быть универсальной, т.е. обеспечивать уплотнение грунта как при непосредственном ударе трамбующей плиты о грунт, так и через шабот;
- з) конструкция гидротрамбовки должна изготавливаться из современных материалов и быть унифицированной по элементам гидропривода с базовой машиной;
- и) переходной кронштейн, с помощью которого гидротрамбовка монтируется на базовую машину, должен быть сменным для обеспечения установки гидротрамбовки на экскаваторы различных размерных групп;
- к) должно отсутствовать негативное воздействие на базовую машину и оператора;

л) желательна возможность использования гидротрамбовки для других целей, например, для разрушения мерзлого грунта, старых фундаментов и асфальтобетонных покрытий путем замены трамбующей плиты на соответствующий рабочий инструмент.

На рис. 4.13 показаны конструкции гидротрамбовок к экскаваторам, на рис. 4.14 – грунтоуплотняющая машина с гидроударниками на базе трактора.

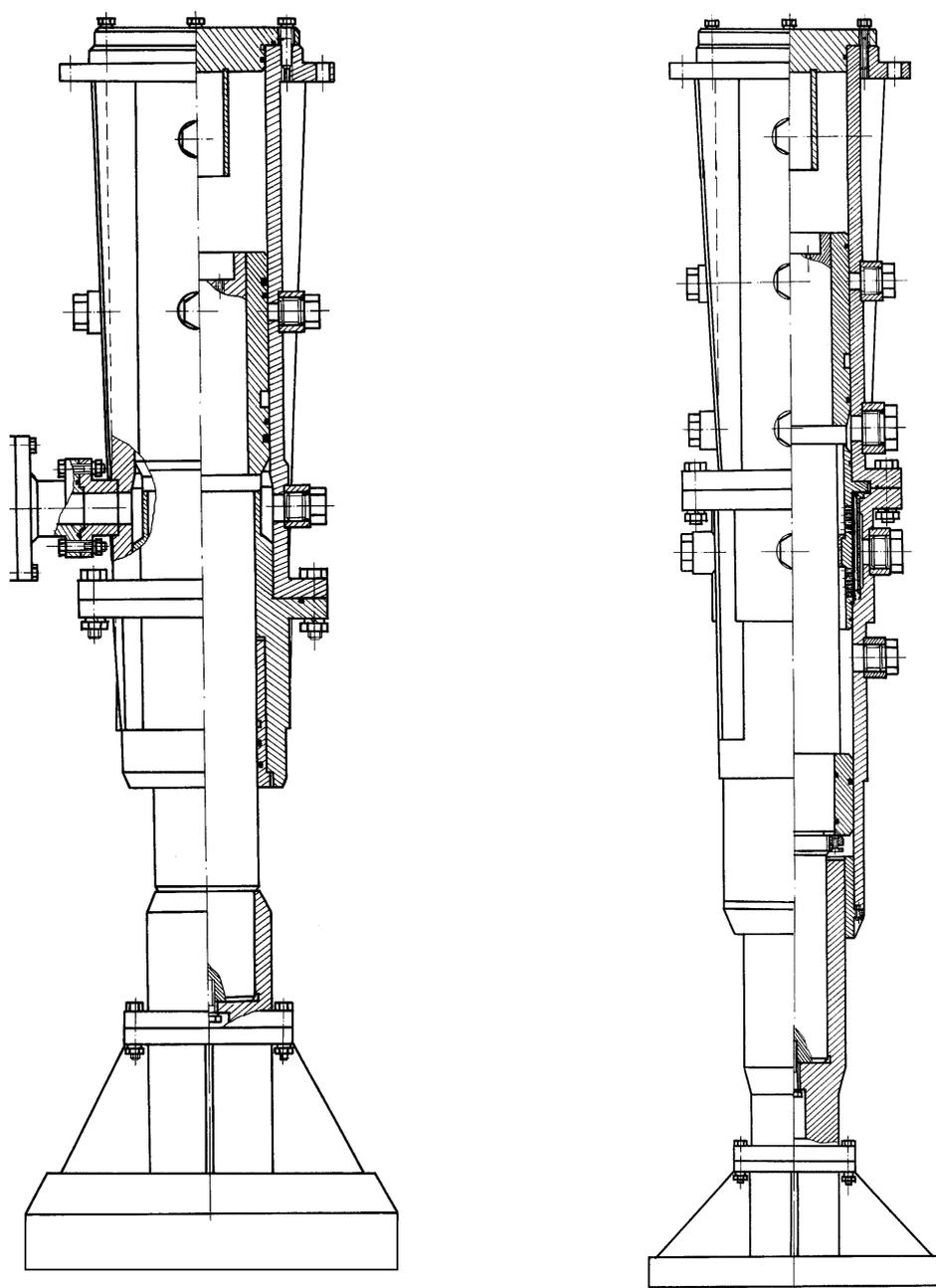


Рис. 4.13. Конструкции гидротрамбовок к экскаваторам

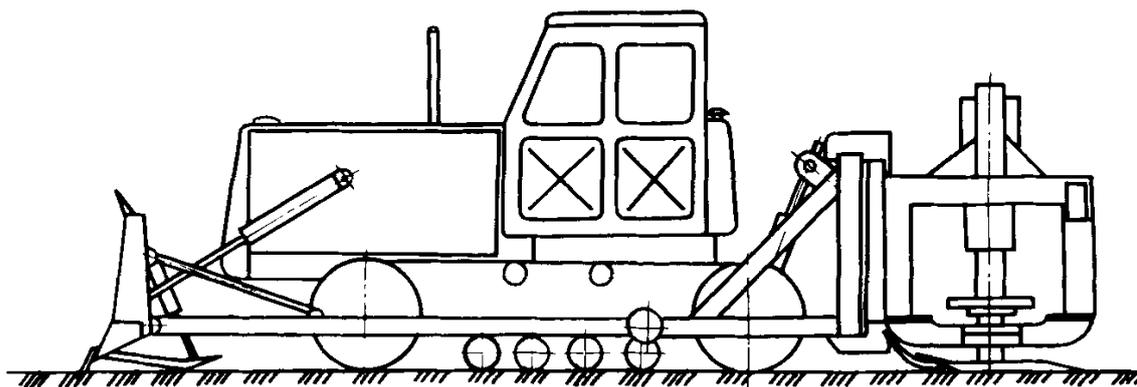


Рис. 4.14. Грунтоуплотняющая машина с гидроударниками на базе трактора

Гидроударный трамбуемый рабочий орган должен обеспечивать возможность регулирования скорости удара, массы подвижных частей, энергии удара в зависимости от толщины уплотняемого слоя и вида грунта.

Контрольные вопросы и задания

1. Назначение гидротрамбовки.
2. Назовите основные параметры гидротрамбовки.
3. Из каких конструктивных элементов состоит гидротрамбовка?
4. Как определяется ширина трамбуемой плиты?
5. Как определяется масса гидротрамбовки?
6. Что такое удельный ударный импульс?
7. По какой теории рассчитываются параметры трамбуемых рабочих органов?

5. ЛЬДОСКАЛЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ГИДРОУДАРНИКОВ

Природно-климатические условия значительной части территории России характеризуются большим количеством осадков в зимний период. Поэтому одной из важнейших задач городского хозяйства является уборка снега с городских магистралей, тротуаров и пешеходных дорожек.

Сильный снегопад и гололедные явления способны привести город к состоянию коллапса, когда «пробки» образуются на всех дорогах, и даже специальный транспорт не в состоянии проехать к месту назначения.

Очистку снега важно проводить не только зимой. Уборка снега важна в межсезонье, когда обстановка на дорогах нестабильна из-за изменчивых погодных условий. Днем снег тает, образуя лужи, а ночью трассы покрываются льдом, что может привести к аварийным ситуациям. Поэтому и в холода, и в межсезонье необходима механизированная и автоматизированная уборка снега, куда входит удаление снежных образований, устранение гололеда, погрузка льда и снега на ограниченной территории, уборка снега и образующейся при таянии наледи.

В процессе эксплуатации имеющегося парка снегоочистителей появляется необходимость в совершенствовании их конструкции и технических возможностей с целью повышения эффективности работы.

Для очистки дорог от свежеснегавшего снега существует большой парк коммунальной техники, которая, как правило, содержит базовую машину и рабочее оборудование. В качестве базового шасси чаще всего применяют автомобили ЗИЛ, МАЗ. Среди тракторов лидерство использования на протяжении 15 лет прочно удерживают МТЗ-80/82, хотя встречаются машины на шасси «Владимировец», ЗТМ и др.

Основные типы рабочего оборудования: плужный (боковой, передний, скоростной отвалы, задний скребок), щеточные, роторные (с плужно-, шнеко- и фрезерно-роторными рабочими органами), скребковые транспортеры, вакуумные, тепловые машины и распределители противогололедных материалов [13].

Особенно востребованы в зимних уборочных работах шнекороторные и фрезерно-роторные снегоочистители (см. рис. 5.1–5.2). Отбрасывая снег на 20–30 м от шоссе дорог и разделяя его тонким слоем, они освобождают дороги от валов, задерживающих снег на проезжей части при метелях и поземках.

Фрезерно-роторное и шнекороторное оборудование устанавливается на тракторном, автомобильном, специальном шасси, шасси фронтального погрузчика или стреле манипулятора. Транспортные скорости, как у автомобилей, и пониженные скорости, как у тракторов, позволяют эксплуатировать снегоочистители и на дорогах с твердым покрытием, и на целине с прочным снежным покровом.



Рис. 5.1. Шнекороторный снегоочиститель ФРС-200 М



Рис. 5.2. Снегоочиститель фрезерно-роторный

Льдоскалыватель «РАЙКО» (см. рис. 5.3) работает при вращении барабана, на котором расположены стальные шипы. При движении машины шипы соприкасаются с дорожным покрытием и разбивают ледяную корку. Оборудование не затрагивает верхний слой дороги.



Рис. 5.3. Льдоскалыватель «RAIKO»

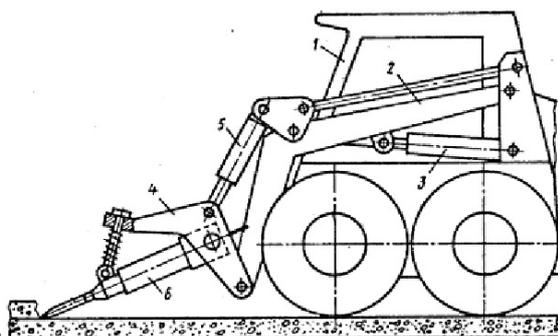


Рис. 5.4. Машина для скалывания льда и уплотненного снега по патенту SU 1506011 A1:

- 1 – базовое шасси; 2 – стрела;
- 3, 5 – гидроцилиндры; 4 – рама;
- 6 – корпус льдоскалывателя

Машина для скалывания льда (см. рис. 5.4) содержит базовое шасси (1), стрелу (2), оснащенную гидроцилиндром (3). На конце стрелы (2) закреплена рама (4), снабженная гидроцилиндром (5). Рама (4) имеет ряд фронтально расположенных льдоскалывателей, каждый из которых содержит продольно ориентированный полый корпус (6).

Внутри каждого корпуса (6) размещен поршень, а привод перемещения всех поршней выполнен в виде единого коленчатого вала. В каждом корпусе (6) размещен также боек, упруго связанный с поршнем за счет образованной между ними компрессионно-вакуумной камеры.

При возвратно-поступательном перемещении поршней бойки приводятся в колебательное движение и периодически ударяют по рабочим инструментам. Последние своими режущими кромками обеспечивают эффективное скалывание льда.

Повышение эффективности использования имеющегося парка снегоочистителей возможно за счет совершенствования рабочего процесса, рабочего оборудования машин, находящихся в настоящее время в эксплуатации, и создания принципиально новых рабочих органов.

Разработка конструкции рабочего оборудования на основе гидроударников для механизированной очистки дорожного покрытия от снежного наката и наледи будет способствовать повышению эффективности снегоочистителей и зимнего содержания автомобильных дорог.

Гидравлические ударные машины находят широкое применение в различных отраслях промышленности [2, 5, 11, 13, 14, 20, 25, 28, 31, 35]. Навесные ударные рабочие органы применяются для разрушения различных прочных материалов, трамбования грунтов, забивки шпунта, свай, труб и выполнения других операций. В качестве базовой машины используются гидравлические экскаваторы или специальные, мобильные и стационарные устройства с манипуляторами. Льдоскалывающее оборудование возможно устанавливать на тракторном, автомобильном, специальном шасси, шасси фронтального погрузчика и др. (см. рис. 5.5).

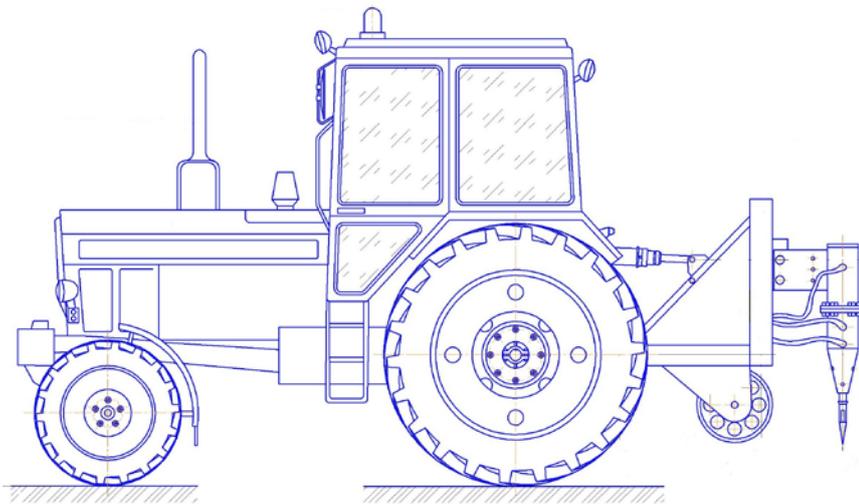


Рис. 5.5. Льдоскалывающая машина на основе гидрударников

Проблему уборки слежавшегося снега и льда долгое время пытались решить разными способами, начиная с экзотических теплоуборочных машин с пламеструйным органом. Снегоуборочная техника с гидравлическим ударным рабочим органом приспособлена для разрушения уплотненного снега и наледи.

Льдоскалывающая снегоуборочная техника производит разрушение обледенелого снега как по краю дороги, так и по всей проезжей части. На тракторе льдоскалывающее оборудование устанавливают на кронштейнах специальной рамы. Привод осуществляется от гидросистемы базовой машины. Применение льдоскалывающей техники позволяет в кратчайшие сроки освободить от наледи пешеходные дорожки, проезды, дороги общего пользования.

Расчет гидроимпульсной техники, основой которой является гидроударное устройство, необходим для получения его рациональных параметров с учетом возможностей применяемой базовой машины и назначения (см. рис. 5.6).

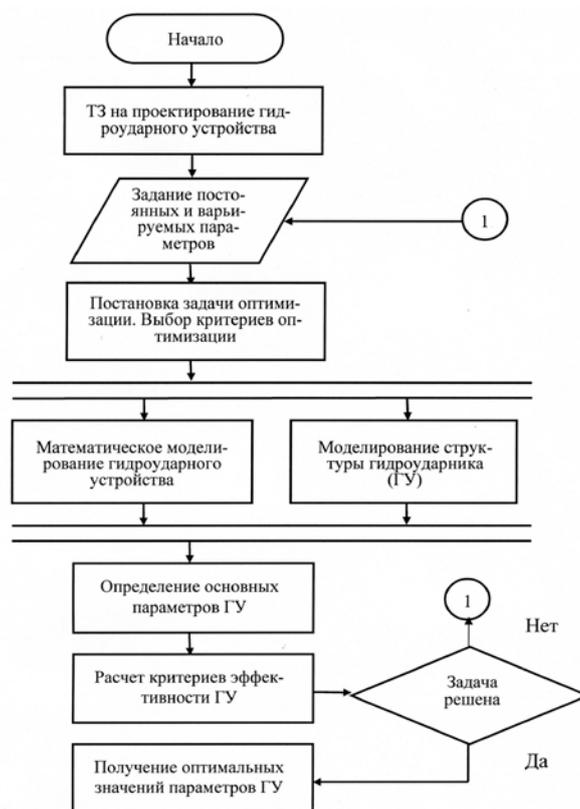


Рис. 5.6. Блок-схема оптимизационного синтеза гидроударного устройства

Льдоскалывающая машина на базе трактора с гидравлическим ударным рабочим органом приспособлена для разрушения уплотненного снега и наледи и является перспективным эффективным оборудованием.

Контрольные вопросы и задания

1. Назначение гидроударника.
2. Назовите основные параметры гидроударника.
3. Из каких конструктивных элементов состоит гидроударник?
4. Как определяется энергия единичного удара?
5. Как определяется частота ударов?
6. Как определяется КПД гидроударника?

Библиографический список

1. *Алексеева, Т.В.* Гидравлические машины и гидропривод мобильных машин / *Т.В. Алексеева, Н.С. Галдин, Э.Б. Шерман.* – Новосибирск : НГУ, 1994. – 212 с.
2. *Архипенко, А.П.* Гидравлические ударные машины / *А.П. Архипенко, А.И. Федулов.* – Новосибирск : ИГД СО АН СССР, 1991. – 108 с.
3. *Баловнев, В.И.* Оптимизация и выбор инновационных систем и процессов транспортно-технологических машин : учебное пособие / *В.И. Баловнев.* – Москва : ТЕХПОЛИГРАФЦЕНТР, 2014. – 392 с.
4. *Беленков, Ю.А.* Гидравлика и гидропневмопривод : учебник / *Ю.А. Беленков, А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин.* – Москва : Бастет, 2013. – 406 с.
5. *Галдин, Н.С.* Автоматизированное моделирование гидроударного оборудования для экскаваторов: монография / *Н.С. Галдин, И.А. Семенова.* – Омск : СибАДИ, 2008. – 101 с.
6. *Галдин, Н.С.* Гидравлические схемы мобильных машин: учебное пособие / *Н.С. Галдин, И.А. Семенова.* – Омск : СибАДИ, 2013. – 203 с.
7. *Галдин, Н.С.* Основы гидравлики и гидропривода : учебное пособие / *Н.С. Галдин.* – Омск : СибАДИ, 2010. – 145 с.
8. *Галдин, Н.С.* Гидравлические машины, объемный гидропривод : учебное пособие / *Н.С. Галдин.* – 2-е изд., стер.– Омск : СибАДИ, 2014. – 272 с.
9. *Галдин, Н.С.* Гидравлические элементы мобильных машин : учебное пособие / *Н.С. Галдин, И.А. Семенова.* – Омск : СибАДИ, 2016. – 231 с.
10. *Галдин, Н.С.* Теория и проектирование гидропривода : учебное пособие / *Н.С. Галдин, И.А. Семенова.* – Омск : СибАДИ, 2016. – 149 с.
11. *Галдин, Н.С.* Многоцелевые гидроударные рабочие органы дорожно-строительных машин : монография / *Н.С. Галдин.* – Омск : СибАДИ, 2005. – 223 с.
12. *Галдин, Н.С., Семенова, И.А.* Гидравлические ножницы на базе экскаватора // Вестник машиностроения. – Москва : Издательство Машиностроение, 2020. – № 1. – С. 18 – 20
13. *Галдин, Н.С., Семенова, И.А.* Льдоскалывающее оборудование на основе гидроударников // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – Омск : СибАДИ, 2019. – С. 57 – 61.
14. *Галдин, Н.С.* Рабочее оборудование ударного действия для уплотнения грунта трамбованием: монография / *Н.С. Галдин.* – Омск : СибАДИ, 2016. – 103 с.
15. *Галдин, Н.С.* Ковши активного действия для экскаваторов: учебное пособие / *Н.С. Галдин, Е.А. Бедрина.* – Омск : СибАДИ, 2003. – 52 с.
16. *ГОСТ 30067–93.* Экскаваторы одноковшовые универсальные полноповоротные. Общие технические условия. – Москва : Изд-во стандартов, 1996. – 23 с.

17. *Марутов, В.А.* Гидроцилиндры. Конструкции и расчет / *В.А. Марутов, С.А. Павловский.* – Москва : Машиностроение, 1966. – 171 с.
18. *Орлов, Ю.М.* Объемные гидравлические машины. Конструкция, проектирование, расчет: Производственно-практические издания / *Ю.М. Орлов.* – Москва : Машиностроение, 2006. – 223 с.
19. *Недорезов, И.А.* Интенсификация рабочих органов землеройных машин / *И.А. Недорезов.* – Москва : МАДИ, 1979. – 51 с.
20. Система моделирования гидравлического ударного устройства активного рабочего органа экскаватора [Электронный ресурс]: монография / *В.С. Щербаков, В.Н. Галдин, Н.С. Галдин.* – Омск : СибАДИ, 2017. – 172 с.
21. *Тарасов, В.Н.* Теория удара в строительстве и машиностроении / *В.Н. Тарасов, И.В. Бояркина, М.В. Коваленко, С.В. Кузнецов, И.Ф. Шлегель.* – Москва : АСВ, 2006. – 336 с.
22. Теоретические основы создания гидроимпульсных систем ударных органов машин / *А.С. Сагинов, И.А. Янцен, Д.Н. Ешуткин, Г.Г. Пивень.* – Алма-Ата : Наука, 1985. – 256 с.
23. *Федоров, Д.И.* Экскаваторные ковши активного действия / *Д.И. Федоров, И.А. Недорезов, В.Г. Тайц* и др. – Москва : Транспорт, 1974. – 224 с.
24. *Хархута, Н.Я.* Машины для уплотнения грунтов. Теория, расчет и конструкции / *Н.Я. Хархута.* – Москва : Машиностроение, 1973. – 176 с.
25. *Щербаков, В.С.* Моделирование гидравлических импульсных систем / *В.С. Щербаков, В.Н. Галдин* // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж : ВГТУ, 2010. – Т. 6. – № 5. – С. 121 – 124.
26. Буры для экскаваторов . – URL: <https://www.directindustry.com.ru/proizvoditel-promyshlennyj/bur-ekskavatora-101438.html> (дата обращения к ресурсу: 25.03.2020).
27. Гидромолот: зарубежные и российские производители. – URL: <https://www.mrmz.ru/article/v107/article1.htm> (дата обращения к ресурсу: 25.01.2017).
28. Гидромолоты к экскаваторам. – URL: <http://a-u-trade.ru/gidromolot/gidromolot-ekskavator.php> (дата обращения к ресурсу: 25.01.2017).
29. Гидроножницы. – URL: <http://www.cdminfo.ru/spetstehnika/stroitel'naya-tehnika/2.2.-gidronozhnitsyi.html> (дата обращения к ресурсу: 25.03.2020).
30. Грунтоуплотняющие машины вибрационного и ударного действия. – URL: <http://stroy-technics.ru/article/gruntouplotnyayushchie-mashiny-vibratsionnogo-i-udarnogo-deistviya> (дата обращения к ресурсу: 25.03.2020).

31. Каталог гидромолотов. – URL: <http://www.cdminfo.ru/spetstehnika/stroitel'naya-tehnika/2.1.-gidromoloty.html> (дата обращения к ресурсу: 23.06.2016).
32. Навесное оборудование. – URL: http://market.pilemaster.ru/catalog/excavator_attachments (дата обращения к ресурсу: 25.03.2020).
33. Спецтехника и оборудование для разрушения зданий и сооружений. – URL: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fproteh.org%2Farticles%2F07102016-spetstehnika-i-oborudovanie-dlja-razru%2F> (дата обращения к ресурсу: 25.03.2020).
34. Ranns Construction. – URL: <http://www.rannsconstruction.co.uk/ranns-construction/demolition-crane-2/> (дата обращения к ресурсу: 25.03.2020).
35. Гидромолоты : справочная информация. – URL: <http://gidromolot.tradicia-k.ru/categories/index.php?id=155> (дата обращения к ресурсу: 10.02.2016).