

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАШИН

*Вавилов А.В., Гарост М.М.*

*Белорусский национальный технический университет*

Многофункциональные машины могут создаваться путем оснащения широко применяемых в строительстве машин дополнительным быстросъемным оборудованием. Например, отвал бульдозера может оснащаться следующим оборудованием, значительно расширяющим его технологические возможности: уширителем отвала, рыхлительным зубом, киркой для взламывания асфальтовых покрытий, ножами для разработки мерзлых грунтов, кусторезом, грузовыми вилами, подъемным крюком и т.д.

Относительно несложно создаются многофункциональные машины на базе серийных тракторов и шасси с помощью универсальных рам. Однако рамы необходимо рассчитывать на прочность с учетом тех сменных рабочих органов, которые будут на нее устанавливаться [1–2].

Для проведения расчета необходимо составить расчетную схему, определить силы, действующие на раму, её собственную массу и точку приложения (центр тяжести всей конструкции), для чего необходимо построить 3D-модель металлоконструкции рамы.

Для примера проведен прочностной анализ конструкции несущей системы гусеничного бульдозера на базе трактора Т-153 (рис. 1).

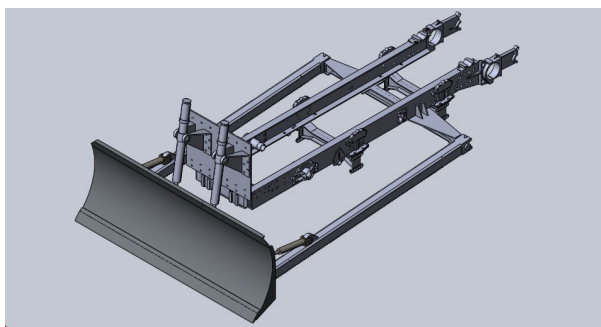


Рис. 1. Несущая система гусеничного бульдозера

Для оценки напряженно-деформированного состояния была построена расчетная компьютерная модель несущей системы (рамы) бульдозера.

Используя систему Ansys-15, выполнен прочностной анализ несущей системы бульдозера. При исследовании нагруженности несущей системы бульдозера (рис. 2) моделировались наиболее нагруженные режимы – выглубление отвала при перемещении грунта с максимальным тяговым усилием и перекосом отвала, а также удар отвалом в труднопреодолимое препятствие.

Наиболее просто агрегаты различного назначения на базе трактора, автомобиля или тягача komponуются с помощью опорно-сцепного устройства. Один и тот же тягач, имея хорошую проходимость и большую грузоподъемность, может иметь высокий коэффициент использования по времени, перевоза трубы и панели, блоки и дорожно-строительную технику, выполняя погрузочно-разгрузочные работы.

Тягач агрегируется с полуприцепом и образует с ним единую машину. Соединяют его с полуприцепом чаще всего седельно-сцепным устройством. Оно позволяет поворачиваться тягачу относительно полуприцепа на 90° в каждую сторону, что повышает маневренность машины.

В последнее время широкое применение в Беларуси находит механизм погрузочно-разгрузочный (МПР) предназначенный для погрузки и разгрузки на автомобиль сменных кузовов (рис. 3). Преимуществом автомобилей, оборудованных МПР, является то, что на одном автомобиле могут перевозиться кузова различного назначения (контейнер, платформа, бытовка, цистерна и т. д.). При этом, простои автомобилей, эксплуатируемых с двумя-тремя съемными кузовами, значительно сокращаются, так как съемные кузова заполняются в отсутствие автомобиля, который в

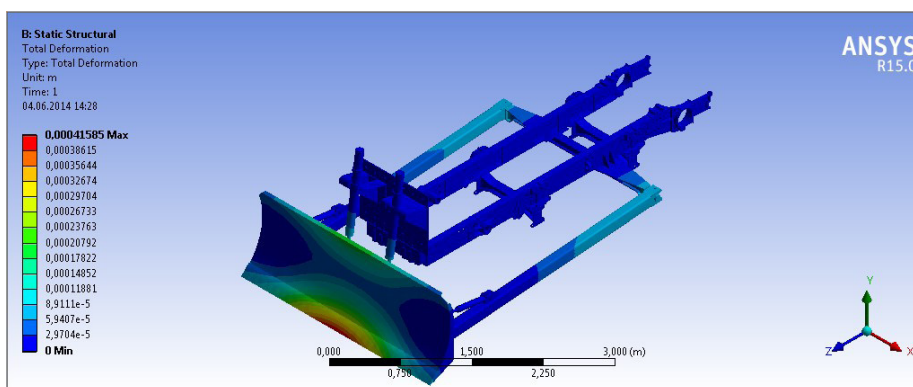


Рис. 2. Исследование нагруженности несущей системы гусеничного бульдозера (этюра суммарных линейных перемещений)

это время занят транспортировкой других кузовов. Гидроуправляемый крюковой захват в отличие от тросового позволяет решать задачи безопасности (отсутствие обрыва и перехлеста тросов), а также имеет значительные технологические, эксплуатационные и скоростные преимущества.

Применение разнообразных конструкций сменных кузовов позволяет использовать механизм погрузочно-разгрузочный (МПР) в различных отраслях:

- коммунальное хозяйство – вывоз твердых бытовых отходов (ТБО);
- дорожное хозяйство – выполнение работ по содержанию и ремонту дорог (один автомобиль с МПР и различными кузовами может служить не только мусоровозом, но и пескоразбрасывателем, поливочной машиной и т.д.);
- строительная сфера – вывоз крупногабаритного мусора, перевозка бетономешалок, компрессоров или кузовов-топливозаправщиков, строительной, дорожной техники и другого оборудования;

– лесопромышленный комплекс – транспортировка отходов лесозаготовки и лесопиления, лесохозяйственной техники.

Ниже приводятся технические характеристики механизмов погрузочно-разгрузочных различной грузоподъемности (табл.).

Табл.

Технические характеристики МПР для погрузки и разгрузки сменных кузовов

Показатели, технические характеристики МПР	Марки, механизмы		
	МПР-1	МПР-2	МПР-3
Грузоподъемность, кг	14000	18000	20000
Время установки грузе-ной платформы, с	200	200	200
Время подъема/опускания	200	200	200
Макс.угол подъема плат-формы, град, не менее	45	45	45
Габаритная длина, мм	5100	5700	6250
Габаритная ширина, мм	1400	1400	1500
Габаритная высота, мм	2200	2200	2200



Наличие типоразмерного ряда механизмов МПР позволяет расширить многофункциональность, устанавливая их на автомобилях различной грузоподъемности и тракторах различного класса тяги. Потребуется только для этого разрабатывать новые сменные рабочие органы.

В Беларуси машиностроительное предприятие «Святовит» выпускает многофункциональный одноковшовый экскаватор с телескопиче-

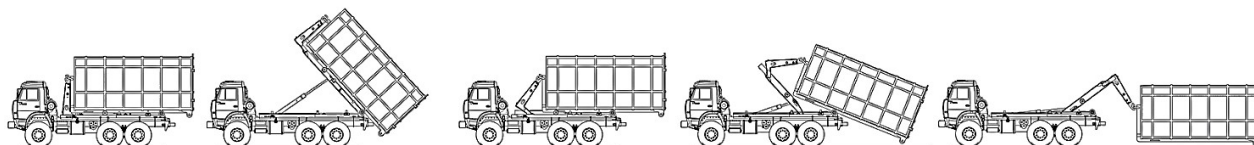


Рис. 3. Механизм погрузочно-разгрузочный для погрузки и разгрузки сменных кузовов

ской стрелой. Такой экскаватор имеет ряд преимуществ по сравнению с обычными одноковшовыми гидравлическими экскаваторами, в частности за счет угла поворота ковша относительно продольной оси стрелы на  $360^\circ$ , что обеспечивает его широкую применимость: в общегражданском и дорожном строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве и т.д.

Однако покупка такого экскаватора обходится сегодня недешево. Предлагается уже приобретенные предприятиями одноковшовые гидравлические экскаваторы дооборудовать до уровня экскаваторов предприятия «Святовит», придав им дополнительные возможности за счет специальных вращателей – (ротаторов, тилтротаторов) и удлинителей стрел.

В Швеции компанией Engcon, разработан и выпускается ряд тилтротаторов к гидравлическим одноковшовым экскаваторам массой от 2 т до 32 т.

Тилтротатор Engcon «запястье» между рукоятью экскаватора и ковшом обеспечивает неограниченное вращение ковша на  $360^\circ$  влево или вправо, а также наклон до  $40^\circ$  в двух направлениях.

Тилтротатор – является многоцелевым, простым в использовании оборудованием для экскаваторов и экскаваторов-погрузчиков, предназначенным для упрощения работы и повышения производительности.

Тилтротатор поставляется в комплекте с рукавами высокого давления, быстроразъемными сидениями и электрическим оборудованием для



Рис. 4. Тилтротатор модели EC30

установки на машину, что позволяет оператору выполнять смену рабочих органов не выходя из кабины.

Ниже приведен общий вид и технические характеристики тилтротатора модели EC30, которая подходит для установки на все экскаваторы массой 22-32 т (рис. 4).

Удлинители стрелы (рис. 5) подходят для установки на рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора, при этом увеличивают радиус копания без изменения рабочих характеристик базовой машины (рис. 6). В Италии выпускается удлинитель стрелы 3 м и 5 м.

На некоторых моделях гидравлических экскаваторов пята стрелы может смещаться относительно поворотной платформы с помощью установленных на ней гидроцилиндров и изменять зону действия рабочего оборудования [3].

Многофункциональный технологический комплекс (рис. 7) [4] позволяет благодаря использованию специальной кинематики рабочего оборудования с двумя ведущими звеньями получить прямую и обратную лопату.

Параллельно с разработкой многофункциональных машин создаются устройства для быстрой замены рабочих органов, которые можно разделить на три группы [3]:

- устройства, требующие для монтажа рабочих органов выхода оператора из кабины и использования ручного труда для выполнения этих операций;

- устройства, которые имеют дополнительный механизм фиксации рабочего органа с автономным приводом, а выход оператора необходим для подключения гидролиний дополнительных исполнительных механизмов, расположенных на сменном рабочем органе;

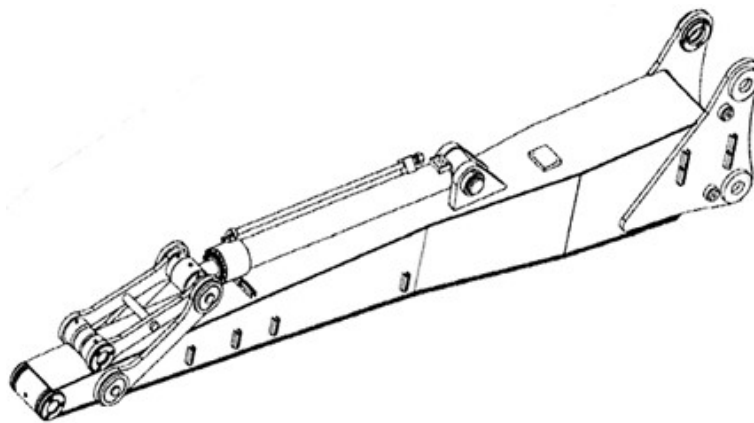


Рис. 5. Удлинитель стрелы

– устройства для быстрой замены рабочих органов с осуществлением одновременной его механической фиксации и присоединения нескольких гидролиний для питания установленных на нем рабочих механизмов.

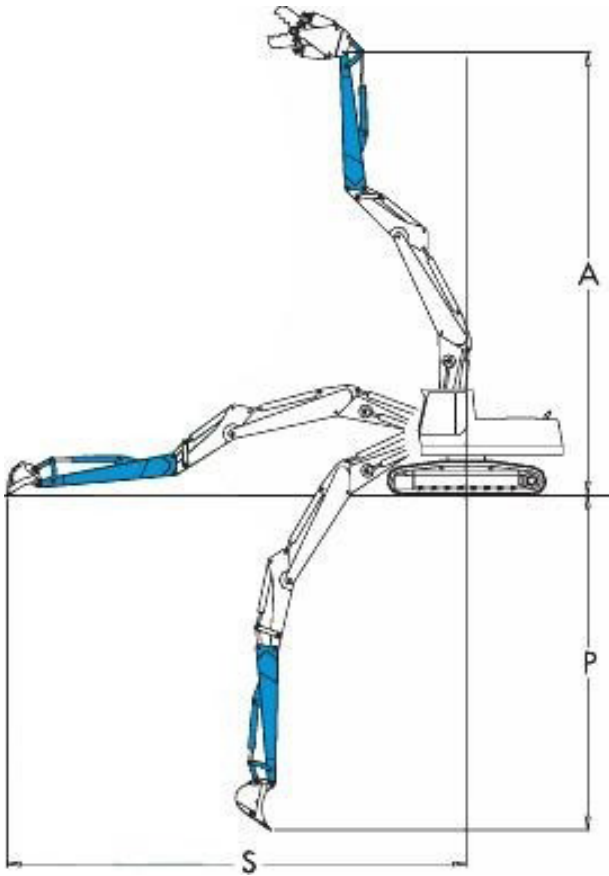


Рис. 6. Удлинитель стрелы на экскаваторе

На гидравлических экскаваторах, предназначенных в основном для работы со сменным рабочим оборудованием без установленных на них дополнительных исполнительных механизмов, часто используют быстродействующий захват Miller (рис. 8) [3] в виде монтажной панели с крюком 1 и скобой 2 первичного захвата рабочего органа и проушины вторичного захвата с установленным на них гидравлическим фиксатором с автономным приводом. Стопор-захват управляется оператором из кабины и превращает экскаватор в многофункциональную машину, позволяя ей работать ковшом в виде прямой и обратной лопаты или использовать в качестве грузоподъемного крана. Однако в случае использования с активным дополнительным механизмом (гидроломотом, грейфером и другими рабочими органами) необходим выход оператора из кабины для присоединения к активному рабочему органу гидролиний системы питания.

К современным быстросъемным устройствам мобильных машин предъявляют следующие требования [3]:

- одновременное автоматическое соединение рабочего органа и гидролиний его механизмов, не требующих выхода оператора из кабины машины;
- длительность операций соединения или демонтажа рабочих органов не должна превышать 15 с;
- число гидролиний сменного рабочего органа может достигать 10 пар;
- к каждому гидромеханизму рабочего органа должны подводиться необходимая мощность (расход и давление рабочей жидкости);

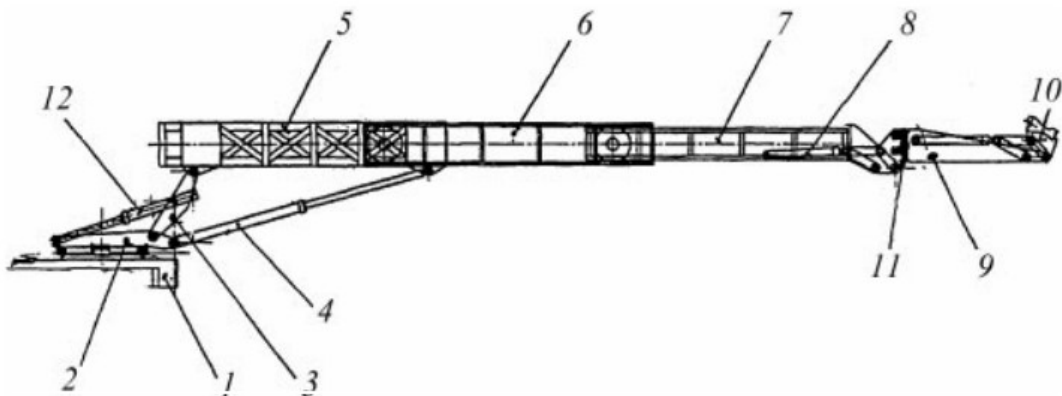


Рис. 7. Многофункциональный технологический комплекс:

1 – наклонная рама; 2 – поворотная платформа; 3 – рычаг, 4 – гидроцилиндр стрелы;

5 – неподвижная стрела; 6, 7 – подвижная секция стрелы;

8 – гидроцилиндр поворота рукояти; 9 – рукоять; 10 – монтажная панель;

11 – механизм вращения рукояти; 12 – гидроцилиндр рычага

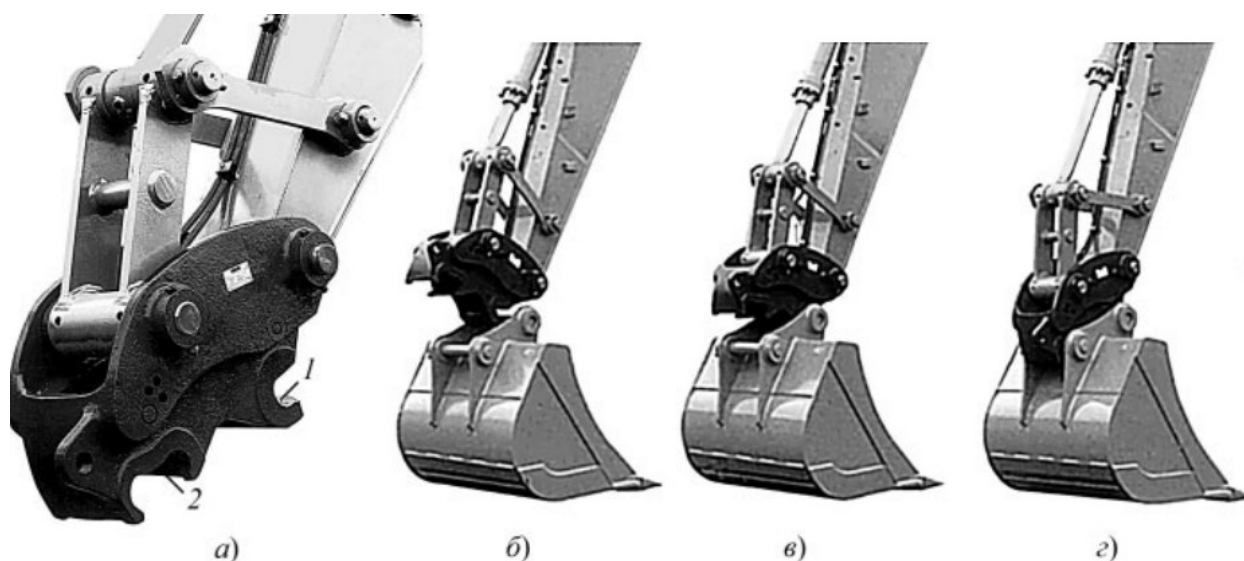


Рис. 8. Быстродействующий захват марки Miller:

*а – общий вид: 1 – крюк, 2 – скоба; б – 1-й этап: введение под верхнюю ось проушины ковша; в – 2-й этап: опускание и захват скобой 2 нижней оси проушины ковша; г – фиксация ковша на рабочем оборудовании стопором с автономным гидроприводом*

– настройка параметров гидропривода каждого исполнительного механизма рабочего органа должна производиться автоматически без участия оператора.

Этим требованиям удовлетворяет интеллектуальная система для замены рабочих органов в целом (в том числе стрелы и рукоятки) и его элементов компании OilQuick и ECV Wagner Baumaschinentechnik (рис. 9) [4]. На последнем ведомом звене несменяемого элемента рабочего оборудования устанавливается монтажная панель 1 с захватами и фиксатором для крепления соединительной панели 2 рабочего оборудования.

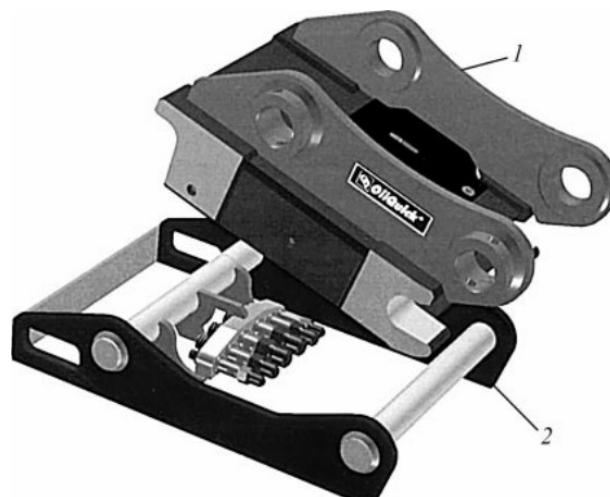


Рис. 9. Панель 1 адаптерного оборудования с панелью 2 рабочего оборудования

Интеллектуальная система OilQuick предусматривает использование системы идентификации ToolControl, с помощью системы опознавания TagReaders сменного рабочего оборудования (рис. 11) автоматически распознает любые устанавливаемые виды рабочего оборудования, в том числе дополнительное оборудование с гидравлическим или механическим приводом [3].

Для повышения производительности гидравлического экскаватора при производстве земляных работ в Воронежском государственном лесотехническом университете имени Г.Ф. Морозова разработан универсальный грузоподъемный механизм одноковшового гидравлического экскаватора [5–7] (рис. 11). Дополнительный гидроцилиндр, установленный вдоль одного из плеч

рычага, позволяет автоматически изменять расстояние между осью вращения стрелы и осью крепления цилиндров стрелы к рычагу.

Как видно из рис. 12,а, на платформе 1 экскаватора расположен гидроцилиндр 2, который шарнирно связан с платформой 1 экскаватора. Другой конец гидроцилиндра 2 шарнирно связан с одной из проушин двухплечного рычага 3. Точкой качания двухплечный рычаг 3 шарнирно связан с платформой 1, а к другому плечу шарнирно присоединены гидроцилиндры 4 поворота стрелы 5, вдоль которого расположен гидроцилиндр 6, изменяющий положение гидроцилиндров стрелы 4.

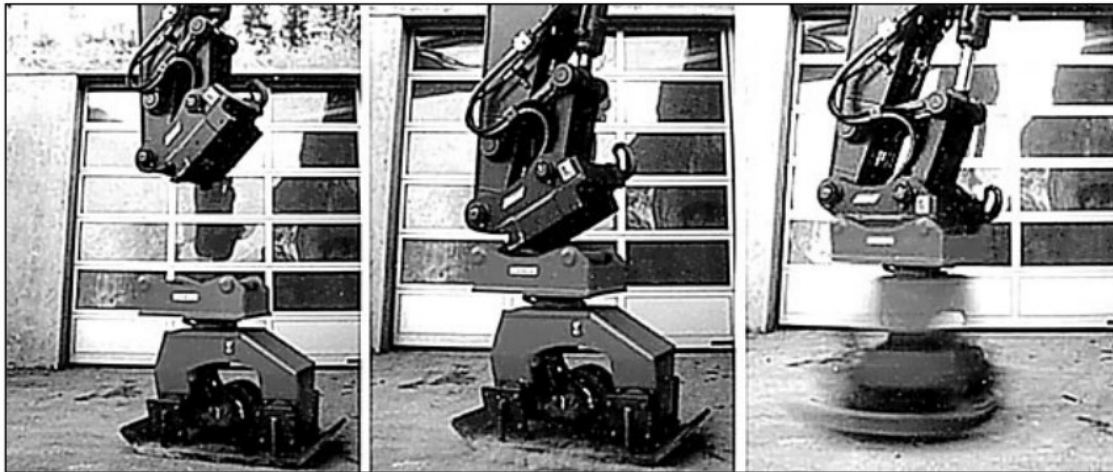


Рис. 10. Последовательность операций по соединению рабочих органов системой OilQuick

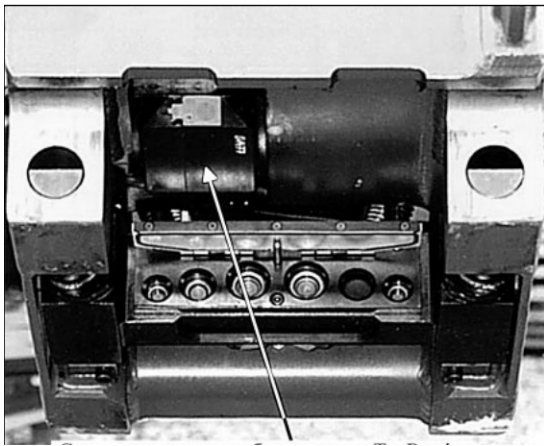


Рис. 11. Система опознавания рабочего оборудования TagReader

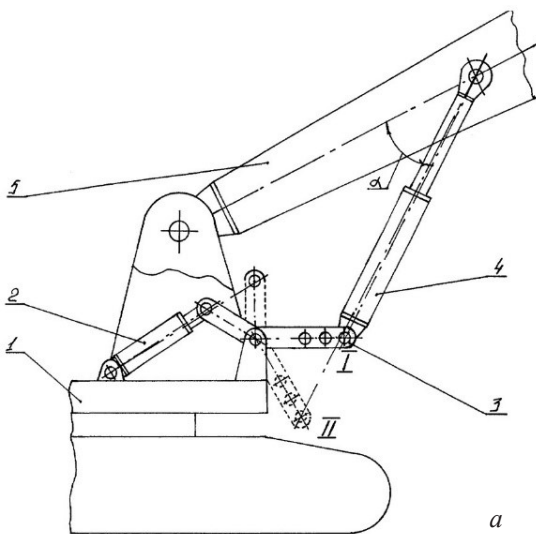
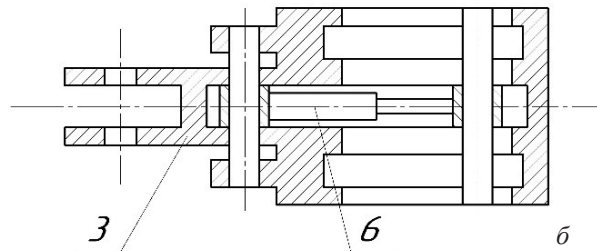


Рис. 12. Конструкция грузоподъемного механизма к гидравлическому экскаватору и двулучий рычаг с дополнительным гидроцилиндром [7]

При перемещении штоков гидроцилиндра 2 и 6 перемещаются проушины гидроцилиндров 4 поворота стрелы 5 в вертикальной и горизонтальной плоскостях, при этом изменяется угол  $\alpha$  между продольной осью стрелы 5 и цилиндрами 4 ее поворот. Гидроцилиндры 4 в положении I используются преимущественно с оборудованием «прямая лопата», а в положении II – «с обратной лопатой» [4].

Экскаватор работает следующим образом. При разработке грунта, находящегося выше уровня стоянки экскаватора, перемещением штока гидроцилиндра 2 двулучий рычаг 3 переводится в положение I, при этом зона охвата рабочего оборудования в верхнем положении будет больше, чем при традиционной схеме. С помощью дополнительного гидроцилиндра 6 стреловые гидроцилиндры 4 перемещаются вдоль рычага 3, тем самым автоматически изменяется угол между стрелой 5 и гидроцилиндрами 4 ее поворота. При этом обеспечивается запас усилия, развиваемого гидроцилиндрами стрелы в процессе работы (при увеличении вылета рабочего оборудования и при изменении грунтовых условий).



При разработке грунта, находящегося ниже опорной поверхности экскаватора перемещением штока гидроцилиндра 2 двуплечный рычаг переводится в положение II, при этом обеспечивается наибольшая глубина копания. В процессе разработки грунта благодаря применению дополнительного гидроцилиндра 6 (рис. 12,б) обеспечивается необходимый запас усилия, развиваемого гидроцилиндрами стрелы 4, и расширение рабочей зоны. В процессе работы гидравлического экскаватора дополнительный гидроцилиндр 6 (рис. 12,б) способствует повышению универсальности стрелы.

Для обеспечения многофункциональности шасси Ш-406 (разработано на МТЗ) смонтированы «диноковские плиты: одна часть – на шасси (рис. 13), а аналогичная – на сменном рабочем органе.

Соединение двух плит обеспечивает надежный монтаж таких рабочих органов.



*Рис. 13. «Диновская» плита на шасси Ш-406 для обеспечения многофункциональности*

#### *Литература*

1. Богуславский, В.Е., Принципы и задачи проектирования многоцелевых строительных машин / В.Е. Богуславский, В.Л. Хазанет // Механизация строительства. – 1992. – № 2. – С. 10–11.
2. Баловнев, В.И. Использование многоцелевых машин в строительстве / В.И. Баловнев // Подъемно-транспортное оборудование. – 2005. – № 1–2. – С. 51–53.
3. Смоляницкий, Э.А. Адаптерные системы для быстрой смены рабочего оборудования мобильных машин / Э.А. Смоляницкий, Е. Вагнер // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 12. – С. 12–16.
4. Интеллектуальная система смены рабочего оборудования OilQuick: Проспект фирмы.
5. Макеев, В.Н. Гидравлический экскаватор с универсальным рабочим оборудованием / В.Н. Макеев, Д.Д. Плешков // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 4. – С. 89–90.
6. Макеев, В.Н. Новый универсальный грузоподъемный механизм одноковшового гидравлического экскаватора / В.Н. Макеев, Д.Д. Плешков // Грузовик. – 2017. – № 8. – С. 3–5.
7. Патент на изобретение № 24259271, МПК E02F3/28. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора / Д.Д. Плешков, В.Н. Макеев № 2010109126; заявл. 11.03.2010 опубл. 10.08.2011, бюл. № 22. – 4 с.