

## МОДЕЛЬ ЭКСКАВАТОРА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Соколова Н.Д.

г. Рыбинск, МОУ СОШ № 12 им. П.Ф. Дерунова, 3 А класс

Руководитель: Сайгакова Т.Б., учитель начальных классов,  
МОУ СОШ № 12 им. П.Ф. Дерунова, г. Рыбинск

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте VII Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/7/22/38959>.

### Проблема и актуальность. Гипотеза

Этим летом мы с мамой наблюдали как строят магазин рядом с домом. Большая строительная машина – экскаватор с легкостью рыл большой глубокий котлован. Всего лишь один человек машинист-механизатор за пару дней вырыл котлован для устройства фундамента магазина.

Как же это возможно? Мама ответила, что, благодаря гидравлическому приводу, т.е. системе насосов и цилиндров, наполненных специальной жидкостью, экскаватор способен выполнять такой объем работы, с которым не могут справиться несколько десятков человек. Основной принцип работы такого механизма – изменение давления внутри цилиндров.

Я подумала, что я люблю собирать конструкторы и роботов, и было бы здорово сделать свою модель маленького экскаватора.

Для себя я поставила цель узнать, что такое гидравлический привод и попробовать его собрать в виде модели маленького экскаватора.

Для достижения поставленной цели я определила следующие задачи:

1. Провести опрос среди одноклассников, что они знают о давлении и гидравлическом приводе.

2. Выяснить, что такое давление и какую роль оно играет в нашей повседневной жизни.

3. Узнать, что такое гидропривод.
4. Узнать схему работы экскаватора.
5. Собрать модель экскаватора из подручных материалов.

Можно ли собрать модель экскаватора из подручных материалов? – Это и стало *гипотезой* моей работы.

**Методами** моего исследования стали *анкетирование* одноклассников, *анализ и синтез* информации из литературных источников, и, в итоге, *моделирование* уменьшенного экскаватора с наглядной демонстрацией основного принципа работы механизма.

**Объектом** моего исследования является физическое понятие давления. **Предметом** исследования является применение силы давления в гидравлических машинах на примере гидравлического привода экскаватора.

### Давление

#### *Исследование информированности одноклассников по теме «Давление»*

В начале своего исследования я провела опрос своих одноклассников с целью узнать, насколько они осведомлены и интересуются темой моего исследования.

Мною были сформулированы следующие вопросы:

1. Знаете ли вы, как используется экскаватор с гидравлическим приводом?
2. Знаете ли вы, что такое гидравлический привод? Как он выглядит?
3. Хотите ли вы узнать, что такое гидравлический привод?
4. Знаете ли вы, что такое давление, его физическое понятие?
5. Знаете ли вы, как человек использует давление в своей деятельности?

В результате опроса я получила следующие данные (таблица).

Результаты анкетирования по теме «Давление. Гидравлический привод»

№ ВОПРОСА		1		2		3		4		5	
Ответ		чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
да	девочки	1	7	1	7	14	93	3	20	2	13
	мальчики	5	28	5	28	15	83	10	56	3	17
нет	девочки	14	93	14	93	1	7	12	80	13	87
	мальчики	13	72	13	72	3	17	8	44	15	83
да	из всех	6	18	6	18	29	88	13	39	5	15
нет	опрошенных	27	82	27	82	4	12	20	61	28	85

Таким образом, можно сделать вывод, что мои одноклассники мало разбираются в теме моего исследования, но хотели бы получить знания из этой области науки.

#### *Физическое понятие давления*

##### *Что же такое давление?*

Попробуйте заткнуть ладонью кран, из которого бьет мощная струя воды, и наверняка промокнете насквозь! Дело в том, что вода в трубах находится под давлением и вырывается из открытого крана сильной струей.

##### *Что производит давление?*

Вода поступает в трубы из резервуара, поднятого высоко над землей, – водонапорной башни. Вес всей находящейся в башне и трубах воды создает давление. Если резервуар с водой расположен на том же уровне, что и кран, поднять давление воды можно с помощью насоса.

Давление производится не только в водной или жидкой, но и газовой среде – так, например, мы испытываем давление атмосферы Земли: когда мы делаем вдох, воздух попадает в наши легкие именно благодаря этому давлению.

Втягивая напиток через соломинку, мы расширяем легкие, понижая тем самым давление в легочных альвеолах. Таким образом, атмосферное давление становится выше легочного и под влиянием более высокого давления жидкость устремляется вверх по трубочке.

Сжатый воздух из баллонов, которым дышит под водой аквалангист, не позволяет находиться на глубине длительное время, поскольку легкие не приспособлены к такому давлению.

Давление производят и твердые предметы – вес нашего тела, например давит на ноги и прижимает их к поверхности.

##### *Как используют давление?*

Мотоциклы, автомобили и другие дорожные экипажи движутся по воздуху! Обода колес поддерживает над дорогой именно высокое давление воздуха в шинах, которое создается с помощью насоса. Воздух накачивают через ниппель – клапан, который пропускает воздух в шину и не дает ему вырваться наружу.

Вода в фонтанах устремляется высоко вверх благодаря насосам. Пневматические инструменты, например дорожные отбойные молотки, работают на сжатом воздухе, а гидравлические механизмы, такие как автомобильные тормоза и экскаваторы, используют давление жидкости. В обо-

их типах этих машин давление создается с помощью насоса, поднимающего давление воздуха или жидкости, чтобы привести в движение рабочие части механизма.

В экскаваторе применяют гидравлические приводы. Насос поднимает давление гидравлической жидкости и направляет ее по шлангам к движущимся частям экскаватора – например ковшу. Переданная давлением жидкости сила приводит ковш в движение, а экскаваторщик направляет его: зачерпывает грунт и перегружает в грузовики.

Используя гидравлику, даже ребенок сможет поднять автомобиль! В гидравлическом устройстве содержащая гидравлическую жидкость труба соединена с двумя цилиндрами различного диаметра, в каждый из которых помещен поршень. Усилие, приложенное к поршню меньшего диаметра, передается поршню большего диаметра. При этом широкий поршень разовьет большее усилие, но пройдет меньшее расстояние, чем узкий.

#### *Отсутствие давления*

Насосы могут не только повышать, но и понижать давление, откачивая из закрытого резервуара воздух или жидкость. Если откачать из резервуара весь воздух, то внутри образуется вакуум – пространство, в котором полностью отсутствует давление. Вакуум – превосходный изолятор, поэтому между внешней и внутренней стенками колбы термоса, который должен удерживать тепло, создается вакуумная прослойка. [1]

Таким образом, давление – это физическая сила. С давлением и силой давления мы постоянно сталкиваемся в своей повседневной жизни. Человек научился использовать давление для решения своих инженерных задач.

### **Гидравлический привод**

#### *Понятие и функции гидропривода*

*Гидравлический привод* (гидропривод) – совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством гидравлической энергии [2] – энергии жидкости.

#### *Функции гидропривода*

Основная функция гидропривода, как и механической передачи, – преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.).

Другая функция гидропривода – это передача мощности от приводного двигателя к рабочим органам машины (например, в *одноковшовом экскаваторе* – передача мощности от двигателя внутреннего сгорания к ковшу или к гидродвигателям привода стрелы, к гидродвигателям поворота платформы и т.д.). [2]

#### *Виды гидроприводов*

Гидроприводы могут быть двух типов: гидродинамические и объёмные.

– В *гидродинамических приводах* используется в основном кинетическая энергия потока жидкости (и соответственно скорости движения жидкостей в гидродинамических приводах велики в сравнении со скоростями движения в объёмном гидроприводе). Составной частью является *турбина с лопастями*.

– В *объёмных гидроприводах* используется потенциальная энергия давления рабочей жидкости (в объёмных гидроприводах скорости движения жидкостей невелики – порядка 0,5-6 м/с). Составной частью является *объёмная камера – цилиндр*.

В экскаваторах используется объёмный гидропривод.

*Объёмный гидропривод* – это гидропривод, в котором используются объёмные гидромашины (насосы и гидродвигатели). Объёмной называется гидромашинка, рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении её из рабочей камеры.

#### *Принцип работы гидравлического привода*

В общих чертах, передача мощности в гидроприводе происходит следующим образом:

Приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал насоса, который сообщает энергию рабочей жидкости.

Рабочая жидкость по гидролиниям через регулируемую аппаратуру поступает в гидродвигатель, где гидравлическая энергия преобразуется в механическую.

После этого рабочая жидкость по гидролиниям возвращается либо в бак, либо непосредственно к насосу.

*Насос* – гидравлическая машина, преобразующая механическую энергию приводного двигателя или мускульную энергию (в ручных насосах) в энергию потока жидкости, служащую для перемещения и создания напора жидкостей всех видов, механической смеси жидкости с твёрдыми и коллоидными веществами или сжиженных газов. Разность давлений жидкости на выходе из насоса и присоединённом трубопроводе обуславливает её перемещение. [2]

*Гидравлический двигатель* (гидродвигатель) – гидравлическая машина, предназначенная для преобразования гидравлической энергии в механическую. Одним из видов гидравлического двигателя является гидроцилиндр. [2]

*Гидроцилиндры* сообщают выходному звену возвратно-поступательное движение. [2]

Таким образом, при работе одноковшового экскаватора используется объёмный гидравлический привод, который состоит из объёмных камер (насосов и гидроцилиндров) и гидролиний, по которым жидкость при изменении давления перемещается между камерами.

#### **Одноковшовый экскаватор с объёмным гидравлическим приводом**

##### *Описание одноковшового экскаватора*

Одноковшовый экскаватор (рис.1) – это средство передвижения, хотя и созданное для копания, подъема и разгребания грунта и материалов. Ходовая часть этих машин очень похожа на ходовую часть танка: такой же двигатель и такая же гусеничная лента. У экскаватора есть стрела, рукоять (или плечо манипулятора), на которой закреплен ковш для зачерпывания земли.

Многие экскаваторы, вроде того, что изображен на рис. 1, имеют впереди мощный стальной щит для выравнивания территории. Как и на подъемном кране, в экскаваторе применяются гидравлические цилиндры для приведения в движение его стрел и ковша. Другие гидравлические двигатели и клапаны управления, находящиеся в кабине, позволяют управлять движением гусениц и бульдозерного щита. Гидроцилиндры приводятся в действие тем же двигателем внутреннего сгорания, что передвигает гусеницы экскаватора.

##### *Принцип работы одноковшового экскаватора*

Основной двигатель приводит в действие насосы, которые создают избыточное давление масла в гидроцилиндрах, и при этом вытягивается стрела. Водитель в кабине с помощью рычагов управляет движениями ковша и щита.

Стрела поднимается и удлиняется, когда поршень в цилиндре идет вверх. А когда поршень опускается, стрела укорачивается и тоже опускается.

Поршень плечевого цилиндра управляет движением плеча (рукояти).

Ковш черпает или высыпает, когда поршень его цилиндра вытягивается или втягивается.

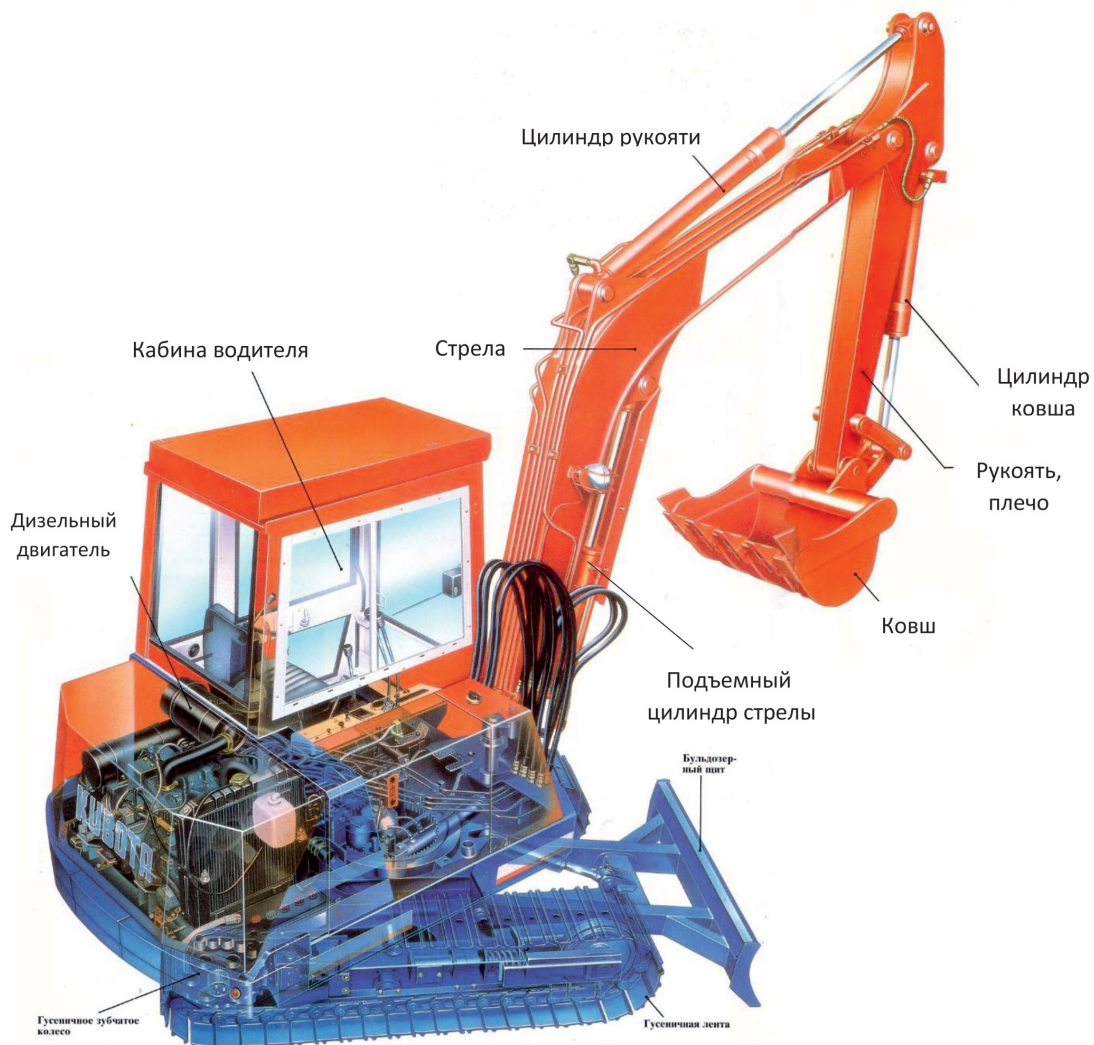


Рис. 1. Одноковшовый экскаватор

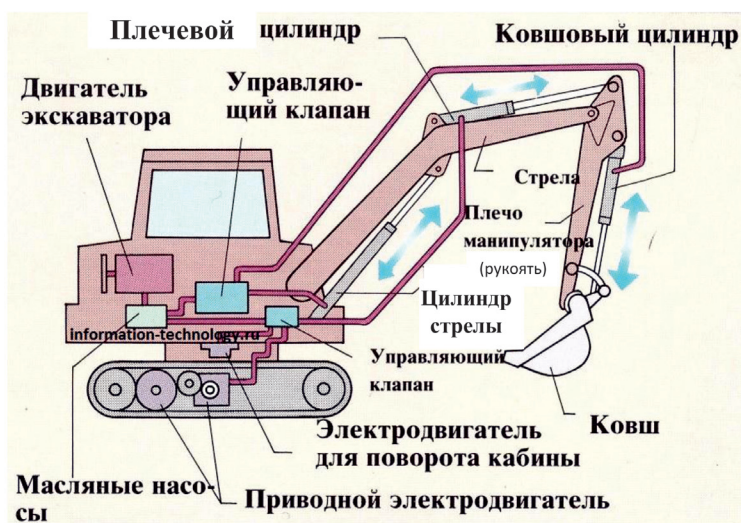


Рис. 2. Принцип работы одноковшового экскаватора

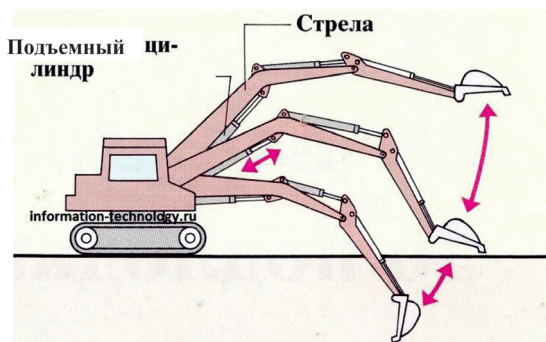


Рис. 3. Движение стрелы экскаватора

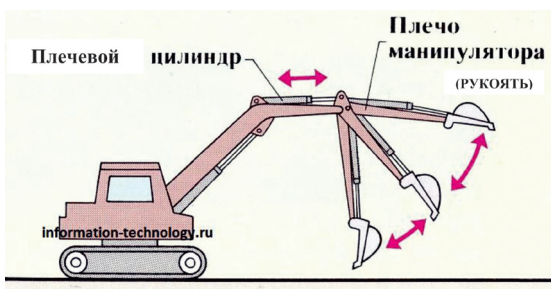


Рис. 4. Движение рукояти экскаватора

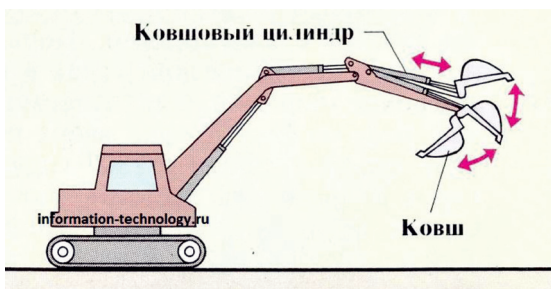


Рис. 5. Движение ковша экскаватора



Рис. 6. Работающий экскаватор



Рис. 7. Детали для моделирования экскаватора

Работая в открытом карьере, экскаватор, благодаря гидравлическому приводу, с легкостью роет и перетаскивает грунт, камни и валуны. [3]

### Моделирование экскаватора

#### Подготовка

Для создания модели экскаватора мне понадобятся деревянная пластина, деревянные брусочки, деревянные цилиндрические штифты, клей, пластиковые шприцы, пластиковые гибкие трубки, окрашенная вода, металлические крючки. Этапы сборки модели приведены в Приложении А.

#### Описание моей модели

Так как я перед собой не ставила задачу собрать макет экскаватора, то моя модель обладает минимальными внешними чертами

экскаватора, но обладает основными функциональными частями этой машины.

Перед нами модель одноковшового экскаватора (рис. 8). Ходовая часть выполнена в виде деревянной пластины без движущихся элементов для устойчивости образца, при желании колеса можно легко установить внизу пластины. Двигателя нет, так как в нашей модели двигателем будет наша мускульная сила – кисть моей руки. Кабины нет, для крепления рабочего оборудования использованы жесткозакрепленные вертикальные деревянные брусочки (клеевое соединение и штифты). У экскаватора есть подъемная стрела, рукоять (или плечо манипулятора), на которой закреплен условный ковш для зачерпывания земли. Все эти детали сделаны из деревянных брусочков, соединены между собой с помощью деревянных цилиндриче-

ских штифтов-осей, которые обеспечивают подвижность соединений.

*Описание работы моей модели экскаватора*

В моей модели одноковшового экскаватора для управления рабочим оборудованием применяется объемный гидравлический привод, аналогичный гидроприводу объекта-экскаватора.

Объемный гидропривод – это гидропривод, в котором используются объемные гидромашины (насосы и гидродвигатели). В моей модели гидродвигатели-гидроцилиндры (рис. 9, а и д) и насосы (рис. 9, в и з) – это пластиковые шприцы. Насосы и гидродвигатели-гидроцилиндры соединены между собой гидролиниями-трубопроводами, в моей модели пластиковыми гибкими трубками (рис. 9, б).

*Шприц-гидроцилиндр стрелы* закреплен с помощью металлических крючков и проволоки одним концом к неподвижной части модели-деревянной платформе, другим концом к подвижной стреле.

*Шприц-гидроцилиндр рукояти* закреплен с помощью металлических крючков и проволоки одним концом к подвижной стреле (но на ее движение влияние не оказывает, т.е. стрела относительно рукояти неподвижна), другим концом к подвижной рукояти.

Система шприцев и трубочек заполнена жидкостью (в нашей модели подкрашенной водой) таким образом, чтобы при наполненном жидкостью шприце-насосе шприц-гидроцилиндр был пуст (или наоборот), трубки также были наполнены жидкостью. Наличие воздуха в системе не допускается.

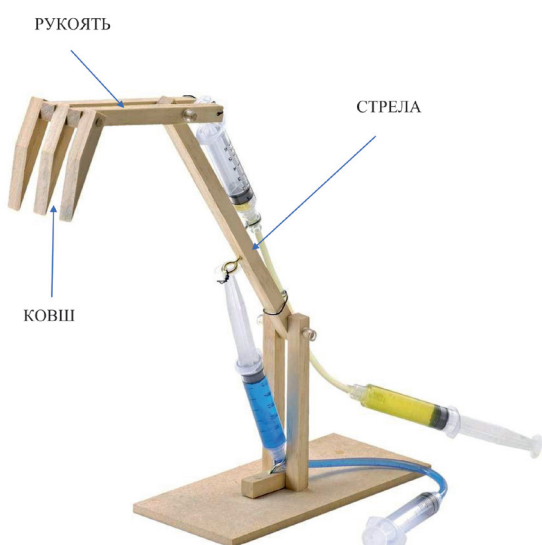


Рис. 8. Модель одноковшового экскаватора

В моей модели я своей рукой, нажимая на поршень шприца-насоса, придаю энергию жидкости внутри шприца-насоса (см. Приложение Б). Жидкость из шприца-насоса под давлением по трубочке (или гидролинии-трубопроводу) устремляется в камеру шприца-гидроцилиндра (гидродвигателя) и выталкивает поршень гидроцилиндра.

Если я своей рукой, наоборот, выталкиваю поршень шприца-насоса, давление внутри шприца-насоса резко уменьшается. Жидкость из шприца-гидроцилиндра по трубочке (или гидролинии-трубопроводу) устремляется в камеру шприца-насоса и затягивает поршень гидроцилиндра внутрь шприца-гидроцилиндра.

Поршень гидроцилиндра осуществляет требуемую работу – подъем стрелы или сгибание рукояти при выталкивании поршня и опускание стрелы или разгибание рукояти при втягивании поршня внутрь цилиндра.

Благодаря системе шприцев и трубок моя модель экскаватора может поднимать и опускать стрелу, сгибать и разгибать рукоять с ковшом. Глядя на мою модель, можно сделать вывод, что мне в домашних условиях из подручных материалов удалось собрать функциональную модель гидравлического привода экскаватора.

#### Заключение

В ходе проделанной работы я достигла поставленной цели и выполнила все задачи: провела опрос одноклассников с целью изучения уровня знаний и заинтересованности по теме моего исследования; подробно познакомилась с понятиями «давление», «гидравлический привод» и его составляющих;

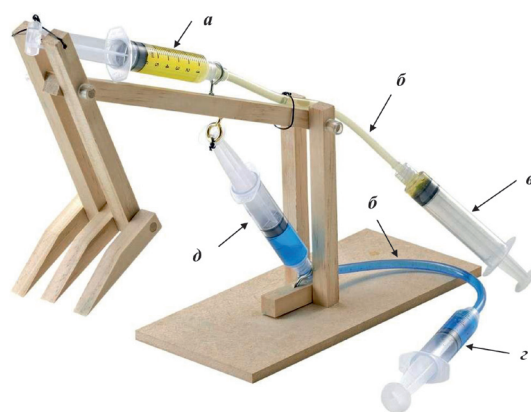


Рис. 9. Модель гидроприводов экскаватора (гидропривод рукояти и гидропривод стрелы): а – гидроцилиндр (гидродвигатель) рукояти; б – трубопровод (гидролиния); в – насос рукояти; з – насос стрелы; д – гидроцилиндр (гидродвигатель) стрелы

изучила, что такое одноковшовый экскаватор, принципы его работы; построила свою функциональную модель экскаватора с гидравлическим приводом.



*Рис. 10. Демонстрация модели одноковшового экскаватора*

В результате своей работы я сделала следующие выводы:

1) мои одноклассники мало разбираются в теме моего исследования, но хотели бы получить знания из этой области науки;

2) давление – это физическая сила. С давлением и силой давления мы постоянно сталкиваемся в своей повседневной жизни. Человек научился использовать давление для решения своих инженерных задач;

3) в работе одноковшового экскаватора используется объемный гидравлический привод, который состоит из объемных камер (насосов и гидроцилиндров) и гидролиний, по которым жидкость при изменении давления перемещается между камерами;

4) экскаватор, благодаря гидравлическому приводу, с легкостью роет и перетаскивает грунт, камни и валуны в котлованах и карьерах;

5) благодаря системе шприцев и трубок моя модель экскаватора может поднимать и опускать стрелу, сгибать и разгибать ручку с ковшом.

Глядя на мою модель, я делаю вывод, что в домашних условиях из подручных материалов можно собрать функциональную модель гидравлического привода экскаватора.

В своей работе я исследовала только гидравлический привод. Кроме него в гидравлике имеется много других приборов и систем, использующих энергию жидкости, так что мои исследования продолжатся.

#### Список литературы

1. Давление. – в сб. Большая книга знаний для школьников от А до Я: Человек. Природа. Наука. Техника / Под ред. Р. Доукинса, Р. Кэррода; пер. с англ. К. Молькова. – М.: Эксмо, 2011. – 440 с.: с. 82-83.
2. Гидравлический привод. Насос. Гидравлический двигатель. – в сб. Википедия.
3. <http://information-technology.ru/sci-pop-articles/27-transport/6196-ustrojstvo-i-printsip-raboty-eksavatora>.