

Краевой конкурс учебно-исследовательских и проектных работ
учащихся «Прикладные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

Гидравлический пресс

Ромохов Константин Сергеевич,

МОУ «Лицей №1» г. Перми, 8 кл.

Гольдштейн Инна Григорьевна,

преподаватель физики

МОУ «Лицей №1» г. Перми

Некоторые принципы гидростатики были установлены ещё Архимедом, возникновение гидродинамики также относится к античному периоду, однако формирование гидростатики как науки начинается с середины 15 века, когда Леонардо да Винчи лабораторными опытами положил начало экспериментальному методу в гидростатике, в 16—17веках С. Стевин, Г. Галилей и Б. Паскаль разработали основы гидростатики как науки, а Э. Торричелли дал известную формулу для скорости жидкости, вытекающей из отверстия. В дальнейшем И. Ньютон высказал основные положения о внутреннем трении в жидкостях. В 18 веке Д. Бернулли и Л. Эйлер разработали общие уравнения движения идеальной жидкости, послужившие основой для дальнейшего развития гидромеханики и гидростатики. Однако применение этих уравнений (так же как и предложенных несколько позже уравнений движения вязкой жидкости) для решения практических задач привело к удовлетворительным результатам лишь в немногих случаях, в связи с этим с конца 18 века многие учёные и инженеры опытным путём изучали движение воды в различных частных случаях, в результате чего гидростатика обогатилась значительным числом эмпирических формул. Создававшаяся таким образом практическая всё более отдалялась от теоретической гидродинамики. Сближение между ними наметилось лишь к концу 19 в. в результате формирования новых взглядов на движение жидкости, основанных на исследовании структуры потока. Особо заслуживают упоминания работы О. Рейнольдса, позволившие глубже проникнуть в сложный процесс течения реальной жидкости и в физическую природу гидравлических сопротивлений и положившие начало учению о турбулентном движении. Впоследствии это учение, благодаря исследованиям Л. Прандтля и Т. Кармана, завершилось созданием полуэмпирических теорий турбулентности, получивших широкое практическое применение. К этому же периоду относятся исследования Н. Е. Жуковского, из которых наибольшее значение имели работы о гидравлическом ударе и о движении грунтовых вод. В 20 веке быстрый рост гидротехники, теплоэнергетики,

гидромашиностроения, а также авиационной техники привёл к интенсивному развитию гидравлики. Большой вклад в развитие гидравлики сделан современными учёными. Практическое значение гидравлики возросло в связи с потребностями современной техники в решении вопросов транспортирования жидкостей и газов различного назначения и использования их для разнообразных целей. Если ранее в гидравлике изучалась лишь одна жидкость — вода, то в современных условиях всё большее внимание уделяется изучению закономерностей движения вязких жидкостей (нефти и её продуктов), газов, неоднородных и неньютоновских жидкостей. Меняются и методы исследования и решения гидравлических задач. Сравнительно недавно в гидравлике основное место отводилось чисто эмпирическим зависимостям, справедливым только для воды и часто лишь в узких пределах изменения скоростей, температур, геометрических параметров потока; теперь всё большее значение приобретают закономерности общего порядка, действительные для всех жидкостей, отвечающие требованиям теории подобия. При этом отдельные случаи могут рассматриваться как следствие обобщенных закономерностей. Гидравлика постепенно превращается в один из прикладных разделов общей науки о движении жидкостей — механики жидкости.

Гидравлика, как прикладная наука, применяется для решения различных инженерных задач в области:

- водоснабжения и водоотведения (канализации);
- Транспортировка веществ по трубопроводу: газ, нефть и т. п.;
- Строительства различных гидротехнических сооружений, водозаборных сооружений;
- конструирования различных устройств, машин, механизмов:
- насосов;
- компрессоров;
- демпферов;
- амортизаторов;

- гидравлических прессов;
- Гидравлических приводов
- Медицины

Гидравлика широко использует теоретические положения механики и данные экспериментов. В прошлом гидравлика носила чисто экспериментальный и прикладной характер, в последнее время её теоретические основы получили значительное развитие, это способствовало сближению её с гидромеханикой. Гидравлика решает многочисленные инженерные задачи, рассматривает многие вопросы гидрологии, в частности, законы движения речных потоков, перемещения ими наносов, льда и шуги, процессы формирования русла.

Этот комплекс вопросов объединяется речной гидравликой (динамикой русловых потоков), которую можно рассматривать как самостоятельный раздел гидравлики.

По отношению к гидромеханике гидравлика выступает как инженерное направление, получающее решение многих задач о движении жидкости на основе сочетания эмпирических зависимостей, установленных опытным путём, с теоретическими выводами гидромеханики.

В гидравлике рассматриваются также движение наносов в открытых потоках и пульпы в трубах, методы гидравлических измерений, моделирование гидравлических явлений и некоторые другие вопросы. Существенно важные для расчёта гидротехнических сооружений вопросы гидравлики — неравномерное и неустановившееся движение в открытых руслах и трубах, течение с переменным расходом, фильтрация — иногда объединяют под общим названием «инженерная гидравлика» или «гидравлика сооружений».

Таким образом, круг вопросов, охватываемых гидравликой, весьма обширен и законы гидравлики в той или иной мере находят применение практически во всех областях инженерной деятельности, а особенно в гидротехнике, мелиорации, водоснабжении, канализации,

теплогазоснабжении, гидромеханизации, гидроэнергетике, водном транспорте.

Гидравлический пресс - это машина для обработки материалов давлением, приводимая в действие сдавливаемой жидкостью.

Гидравлический пресс представляет собой два соединенных цилиндра с поршнями, имеющими разные площади сечения S_1 и S_2 . В цилиндрах находится вода или минеральное масло.

Пусть F_1 и F_2 - силы, действующие на поршни со стороны находящихся на них гирь. Докажем, что жидкость в цилиндрах будет находиться в равновесии лишь тогда, когда сила, действующая на большой поршень, во столько раз превышает силу, действующую на меньший поршень, во сколько раз площадь большего поршня превышает площадь меньшего поршня. Для этого заметим, что жидкость будет оставаться в равновесии только тогда, когда давления под поршнями будут одинаковыми:

$$p_1 = p_2$$

Но каждое из этих давлений можно выразить через силу и площадь:

$$p_1 = F_1/S_1, p_2 = F_2/S_2$$

$$\text{И так: } F_1/S_1 = F_2/S_2$$

$$\text{И следовательно: } F_1/F_2 = S_2/S_1$$

что и требовалось доказать.

Отношение F_1/F_2 характеризует выигрыш в силе, получаемый в данной машине. Согласно полученной формуле выигрыш в силе определяется отношением площадей S_2/S_1 . Поэтому, чем больше отношение площадей поршней, тем больше выигрыш в силе.

Например, если площадь малого поршня $S_1 = 5 \text{ см}^2$, а площадь большего поршня $S_2 = 500 \text{ см}^2$, то выигрыш в силе будет составлять сто раз! Установив этот удивительный факт, Паскаль написал, что с помощью изобретенной им машины "один человек, надавливающий на малый поршень, уравновесит силу ста человек, надавливающих на поршень, в сто раз

большой, и тем самым преодолевает силу девяносто девяти человек". Это открытие и легло в основу принципа действия гидравлического пресса.

Устройство гидравлического пресса показано на рисунке. Цифрой 4 обозначен манометр, служащий для измерения давления жидкости внутри пресса; 5 - предохранительный клапан, автоматически открывающийся, когда это давление превышает допустимое значение.

Действие гидравлического пресса основано на законе Паскаля. Прессуемое тело 3 помещают на платформу, соединенную с большим поршнем 2. При действии некоторой силы F_1 на малый поршень 1 в узком цилиндре пресса создается избыточное давление $p = F_1/S_1$. По закону Паскаля это давление передается во второй цилиндр и на поршень 2.

Так как площадь второго поршня существенно превышает площадь первого поршня, то сила F_2 оказывается значительно больше силы F_1 .

Под действием силы поршень 2 начинает подниматься и сдавливает прессуемое тело.

Последующие перекачивания жидкости из узкого цилиндра в широкий осуществляются с помощью периодических нажатий на рычаг 8. После каждого нажатия рычаг следует возвращать в исходное положение. При его подъеме малый поршень перемещается вверх, клапан 6 открывается и в пространство, находящееся под поршнем, из сосуда 9 засасывается очередная порция жидкости. При опускании рычага поршень 1 перемещается вниз и сдавливаемая жидкость закрывает клапан 6; при этом клапан 7 открывается и часть жидкости переходит в широкий цилиндр.

Впервые гидравлические прессы стали применяться на практике в конце XVIII - начале XIX в. Современная техника уже немыслима без них. Они используются в металлообработке дляковки слитков, листовой штамповки, выдавливания труб и профилей, прессования порошковых материалов. С помощью гидравлических прессов получают фанеру, картон и искусственные алмазы.

В основе действия гидравлического пресса лежит одно из важнейших свойств воды – ее малая способность к сжатию. Благодаря этому давление, производимое на воду, заключенную в замкнутый сосуд, передается во все стороны с одинаковой силой, так что на каждую единицу поверхности приходится такое же давление, как и давление, производимое извне.

Сила, с которой оказывается воздействие на поверхность, определяется по формуле $F=P*S$, где P – давление, а S – площадь, к которой прилагается сила. Представим себе замкнутый сосуд с водой (или любой другой несжимаемой жидкостью), в который вставлены два поршня. Воздействуя на меньший поршень с силой F , мы заставим подниматься больший поршень. Сила, с которой вода будет давить на этот поршень (как это следует из приведенной выше формулы), будет во столько раз больше, во сколько его площадь больше площади меньшего поршня. В этом состоит суть эффекта гидравлического усиления. Например, если на меньший поршень давить с силой 10 кг, то воздействие, оказываемое на поршень в другом колене, диаметр которого в двое больше, будет в четыре раза больше (так как площадь этого поршня в четыре раза больше), то есть оно будет равняться 40 кг. Соответствующим подбором диаметров того и другого поршня можно достигнуть чрезвычайно большого увеличения силы давления, оказываемой водой на второй поршень, но в такой же мере уменьшится скорость, с которой он будет подниматься вверх.

Это замечательное свойство несжимаемой жидкости, получившее широчайшее использование в современной технике, было открыто Паскалем. В своем трактате о равновесии жидкостей, изданном посмертно в 1663 году, он писал: «Если сосуд, полный водою, закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, и одно имеет площадь в сто раз больше, чем другое, с плотно вставленными поршнями, то один человек толкающий маленький поршень, уравновесит силу ста человек, которые будут толкать в сто раз больший, и пересилит 99 из них».

После опубликования трактата Паскаля идея гидравлического прессы витала в воздухе, но осуществить ее на практике не удавалось еще более ста лет, потому что не могли добиться необходимой герметичности сосуда: при больших давлениях вода просачивалась между стенками цилиндра и поршня и никакого усиления не получалось. В 90-х годах XVIII века за создание гидравлического прессы взялся известный английский изобретатель Брама. Ему тоже пришлось столкнуться с проблемой уплотнения, но эту задачу Бrame помог разрешить его сотрудник и будущий изобретатель Генри Модсли, который придумал особый самоуплотняющийся воротничок (манжету). Изобретение Модсли фактически было равно изобретению самого прессы, так как без него он никогда не смог бы работать. Современники хорошо сознавали это. Ученик Модсли Дж. Несмит писал позже, что если бы Модсли не изобрел ничего, кроме этого самоуплотняющегося воротничка, уже и тогда имя его навсегда бы вошло в историю техники. Воротничок представлял собой кольцо, имевшее в разрезе вид обращенной буквы V; его вытягивали из куска толстой юфти, хорошо размоченной в теплой воде, с помощью чугунной формы, состоявшей из кольцеобразного углубления и сплошного кольца, соответствовавшего его внутренней поверхности. Раньше полного высыхания коду надо было пропитать салом, чтобы она сохранила свою мягкость. При заполнении цилиндра водой под высоким давлением края кожаного воротничка раздвигались, плотно прижимаясь к поверхности цилиндра и закрывая собой зазор. При больших диаметрах поршня такой воротничок оказывался слишком гибким и поэтому легко отставал. В этом случае внутрь него помещали кольцо, подобное тому, что служило для вытягивания. В 1797 году Брама построил первый в истории гидравлический пресс.

Пресс Бrame послужил образцом для множества других гидравлических приспособлений, изобретенных позже. Вскоре был создан домкрат – устройство для поднятия тяжестей. В 20-е годы XIX века пресс стал широко использоваться для штамповки изделий из мягкого металла.

Однако прошло еще несколько десятилетий, прежде чем были созданы мощные ковочные прессы, пригодные для штамповки стальных и железных деталей.

Настоятельная потребность в таких прессах появилась во второй половине XIX века, когда заметно увеличились размеры обрабатываемых заготовок. Их проковка требовала все более мощных паровых молотов. Между тем для увеличения силы удара перового молота приходилось либо увеличивать вес падающей части, либо высоту ее падения. Но и то и другое имело свои пределы. Быстрый процесс машиностроения, необходимость оковки все более и более крупных предметов довели наконец вес бабы (бьющей части молота) до колоссальных размеров – порядка 120 тонн. При падении таких огромных масс, конечно, невозможно было добиться необходимой точности. Кроме того, сила удара, вызывающая резкую деформацию предмета, действовала благодаря инерции лишь на поверхностный слой отковки. С технологической точки зрения медленное, но сильное давление было гораздо более целесообразно, поскольку металл получал время раздаться, и это способствовало более правильной деформации. Наконец, сильные удары молота настолько сотрясали почву, что это сделалось опасным для окружающих построек и сооружений.

Впервые ковочный пресс был разработан в 1860 году директором мастерских государственных железных дорог в Вене Дж. Газвеллом. Мастерские были расположены в черте города вблизи жилых построек, так что разместить в них мощный паровой молот не представлялось возможным. Тогда Газвелл и решил заменить молот прессом. Созданный им пресс обслуживался паровой машиной двойного действия с горизонтальным цилиндром, приводившей в действие два насоса. Мощность прессы составляла 700 т, и он с успехом применялся при штамповке паровозных деталей: поршней, хомутов, кривошипов и тому подобного. Выставленный в 1862 году на всемирной выставке в Лондоне, он привлек к себе живейший

интерес. С этого времени во всех странах стали создаваться все более мощные прессы.

Английский инженер Витворт (один из учеников Генри Модсли и сам выдающийся изобретатель), увлеченный примером Газвелла, поставил перед собой сложную задачу – создать такой пресс, который бы можно было использовать для получения изделий непосредственно из железных и стальных слитков. В 1875 году он получил патент на свой первый ковочный пресс.

Пресс Витворта состоял из четырех колонн, укрепленных в фундаментной плите. На верхней части колонн была расположена неподвижная поперечная балка (траверса) с двумя гидравлическими подъемными цилиндрами – с их помощью вверх и вниз перемещалась подвижная траверса, на которой внизу был установлен штамп.

Устройство прессы основывалось на комбинированном использовании силовых насосов и гидравлических аккумуляторов. (Гидравлический аккумулятор – устройство, позволяющее накапливать гидравлическую энергию; он состоит из цилиндра и поршня, к которому крепится груз; сначала вода, поступающая в цилиндр, приподнимает груз, затем, в нужный момент, груз отпускается, и вода, выходя из цилиндра под его давлением, совершает необходимую работу.) В прессе Витворта между четырьмя колоннами на некоторой высоте над наковальной помещался массив; внутрь него был вставлен большой цилиндр, поршень которого и был кующей частью прессы. Этот поршень соединялся с поршнями двух малых цилиндров, также вставленных в массив, так что при работе все три поршня поднимались и опускались одновременно. Пространство над поршнем большого цилиндра соединялось с коробкой, куда вгонялась насосами вода. У малых цилиндров пространство над поршнем соединялось с трубкой грузового аккумулятора, груз которого был уравновешен с весом всех трех поршней.

Сама работаковки производилась следующим образом: открывался клапан в нагнетательной коробке, воду насосов направляли в пространство над поршнем большого цилиндра, отчего все три поршня опускались. При этом большой поршень производил сжатие металла, а малые поршни давили на воду под ними и этим давлением поднимали уравнивающий груз аккумулятора. Когда клапан нагнетательного насоса закрывали, давление на большой поршень прекращалось, и тогда поднятый груз аккумулятора начинал опускаться, передавая давление на воду, которая поднимала все три поршня. Таким образом, груз и три уравновешенных с ним поршня представляли собой как бы две чаши весов. Насосы приводились в действие паровой машиной. Для наблюдения за силой сжатия с куяющим поршнем была соединена стрелка, что давало возможность вести ковку с исключительной точностью.

Впервые гидравлический пресс Витворта был применен дляковки отливок в 1884 году. До этого времениковка орудийных стволов на заводе Витворта, как и многие другие кузнечные операции, велась на паровых молотах. Однако преимущество гидравлических прессов перед паровыми молотами оказалось бесспорным. Так, например, дляковки ствола орудия из слитка массой 36,5 тонн требовалось три недели и 33 промежуточных нагрева; с применением же гидравлического пресса, дававшим усилие в 4000 т,ковка слитка 37,5 т занимала всего 4 дня и требовала 15 промежуточных нагреваний. Замена молота прессом удешевляла операциюковки крупногабаритных деталей примерно в семь раз. Поэтому в короткое время прессы Витворта получили широкое распространение. Вскоре применение гидравлических ковочных прессов привело к серьезным техническим преобразованиям на крупных металлургических и машиностроительных заводах. Тяжелые паровые молоты были повсеместно демонтированы и заменены прессами. К началу 90-х годов XIX века уже имелись прессы мощностью в 1000т.

Приложение. Различные виды прессов

ВИНТОВОЙ пресс - кузнечно - штамповочная машина, в которой используется кинетическая энергии движения рабочих масс, передаваемая прессующей траверсе посредством винтового механизма.

РЫЧАЖНЫЙ пресс - им можно создать усилие 7-10 кН, имеет мало конструктивных элементов и его легко изготовить. Такой рычажный пресс - устройство универсальное, его можно использовать для самых различных работ: запрессовки деталей, стягивания деталей при склеивании, листовой штамповки и т.д.

КЛИНОВЫЕ прессы наиболее простые, известны были еще в глубокой древности.

Другой вид прессы состоит из четырех колонн закрепленных на фундаментной плите, на верхней части колонн расположена неподвижная балка с двумя гидравлическими подъемными цилиндрами – с их помощью перемещалась вверх вниз подвижная балка, на которой внизу был расположен штамп или любой другой вид печати, такой пресс использовали для выдавливания монет и других таких работ

Список литературы:

- 1) Гипермаркет знаний. <http://school.xvatit.com/index.php>.
- 2) Сто великих изобретений. Savelaleksandr.narod.ru/IZOB/page55.html
- 3) Википедия. ru.wikipedia.org
- 4) Богомолов А.И., Михайлов К. А. «Гидравлика»
- 5) Учебник по физике А. А. Пинский, В. Г. Разумовский