

УДК 621.644

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Михаил Сергеевич Колдин

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Павел Юрьевич Морозов

студент

morozpvl4@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Рассмотрение гидравлического удара как разрушительного явления, возникающего при определенных условиях в технических системах, является актуальной задачей. В статье приводится описание явления гидравлического удара, его виды, причины и последствия его возникновения. Дана краткая характеристика явления гидроудара, приведены меры и средства борьбы с его возникновением в трубопроводных системах.

Ключевые слова: гидроудар, техническая система, автомобиль, жидкость, вода, трубопровод, давление, двигатель, вентиль, затвор.

Гидравлический удар – редкое явление, встречающееся в различных технических системах, и возникающее при определенных условиях с изменением характеристик взаимодействия жидкости с элементами трубопроводов и технических устройств. Явление гидравлического удара выстраивается по причине резкого изменения давления, это может быть как его понижение, так и повышение, в гидравлических системах, трубопроводах, объёмных гидроприводах, приводящее к замедлению или ускорению, соответственно, жидкости или любой другой рабочей среды, движущейся по системе [1].

Рассмотрим явление гидроудара при различных условиях, как в трубопроводах, так и в технических системах (двигателях) автомобилей.

Гидравлические удары в трубопроводах различаются в прямой зависимости распространения ударной волны от времени и перекрытия задвижки. Принято выделять два вида гидроудара полный или по-другому прямой и не полный – не прямой [2].

Гидроудар может быть вызван не только повышением давления в системе, но и его снижением. В этом случае гидравлический удар подразделяется на два вида:

1. Положительный – резкий скачок давления в рассматриваемой системе. Возникает при ускоренном закрытии вентиля или затвора, а также при включении циркуляционного или другого вида насоса, воздушные пробки в системе, сильный перепад сечения в системе.
2. Отрицательный – резкое снижение давления в рассматриваемой системе. Возникает при открытии вентиля или запорной арматуры, а также при выключении циркуляционного или другого вида насоса и приводит к образованию вакуума.

Положительный удар учитывается при расчетах напорных водопроводов и турбин на прочность с целью увеличения толщины облицовки.

Расчеты отрицательного удара строятся на принятии во внимание сжимаемости жидкости вместе с ее инерционными свойствами (масса,

упругость и инерционность). Инерционные свойства возникают при включении или отключении насоса, вследствие чего жидкость под действием сил инерции не может мгновенно остановиться, а лишь постепенно замедляясь от ее начала (рисунок 1).

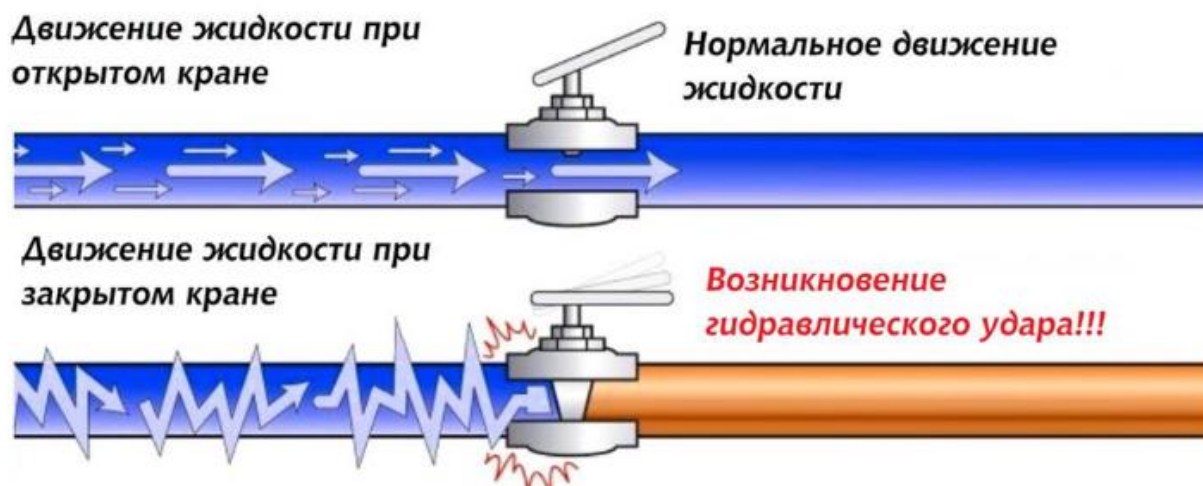


Рисунок 1 – Гидроудар при закрытии запорной аппаратуры

В первом варианте происходит резкое повышение давления жидкости из-за слишком быстрого перекрытия задвижки, время закрытия которой не превышает время распространения ударной волны. После начала перекрытия вентиля жидкость устремляется в обратном направлении относительно ее изначального движения и, если отраженная волна вернется к изначальной точке уже к закрытому вентилю, произойдет гидроудар. Он характеризуется полной потерей скорости жидкости, что сказывается на резком и сильном повышении давления [3].

В другом случае происходит обратная первому варианту ситуация – время закрытия задвижки превышает время распространения ударной волны. При перекрытии затвора волна устремляется в обратном направлении, и стремится вернуться к задвижке. Так как время закрытия задвижки было слишком большим, то часть воды, снизив скорость течения, успевает истечь просочиться через частично закрытое отверстие [4].

Особым по характеру возникновения является так называемый удар в двигателях автомобилей. Гидроудар возникает при попадании жидкости в

цилиндропоршневую группу автомобиля, где должна находиться топливно-воздушная смесь. Даже небольшое количество воды может вывести двигатель из строя и нанести серьезные неполадки в транспорте. Это обуславливается свойством жидкости. Например, вода обладает относительной не сжимаемостью, т.е. величина на которую вода может сжаться напрямую зависит от ее модуля объёмной упругости.

Самыми распространёнными последствиями гидроудара в этом случае, являются:

1. Разрушение шатунов и поршней. Оно происходит из-за описанной выше относительной не сжимаемости жидкости. Поршень пытаясь сжать воду, нагнетает сильное давление в цилиндре, которое приводит к трещинам и разрыву поршней и шатунов (рисунок 2).

2. Трещины в главном блоке цилиндров. В редких случаях давление жидкости бывает настолько запредельным из-за чего не выдерживают стенки блока цилиндров, образуя трещины.

3. Частичное или полное заклинивание двигателя.

4. Возникновение возгорания. Также является редким случаем. Возникает при контакте искры от свечи зажигания и парами бензина, смешанными с водой.

5. Снижение мощности двигателя. Данная проблема носит предупредительный характер последствий. При снижении мощности мотора следует обратиться в автосервис с целью выявления неисправности, чтобы избежать дальнейшего ущерба от последствий гидроудара или капитального ремонта [2,3,5].



Рисунок 2 – Разрушенные и погнутые шатуны от гидравлического удара

Рассмотрим меры и средства защиты от гидравлического удара для предотвращения разрушения элементов трубопровода:

- Равномерное и плавное закрытие затворов и вентилях. Данное действие снижает резкое повышение давления, вызванное ударной волной при быстром закрытии запорной арматуры.
- Применение амортизационных участков трубы. Амортизация в рассматриваемом способе заключается в применении «эластичных» труб, выполненных на основе каучука, способных расширяться при повышении давления.
- Установка гидроаккумуляторов и демпферных устройств. Принцип работы заключается в следующем: гидробак, представляющий собой две емкости, одна выполнена из мембраны, в которую закачивается жидкость, а вторая отведена под воздух и заключена в железной оболочке для исключения растягивания, закачивается вода под действием работы насоса. Вода расширяется и начинает сжимать воздух, находящийся за мембраной. При достижении требуемого давления регулирующее реле выключит насос и воздух, расширяясь начнет выдавливать жидкость, тем самым освобождая мембрану. После освобождения пространства реле снова включит насос и цикл

повториться. Таким образом, обеспечивается поддержание давления в системе (рисунок 3) [1,7].



Рисунок 3 – Устройство гидравлического бака

- Автоматизация насосного оборудования и запирающих вентилей (регуляторы, частотные преобразователи и другие).
- Использование предохранительных клапанов, который позволит вовремя снизить давление при его чрезмерном повышении.
- Применение воздухоотводчиков. Они удаляют возникшие в системе воздушные пробки, предотвращая риск возникновения гидроудара.
- Использование больших диаметров в трубопроводах. Согласно уравнению Бернулли – скорость в таких системах будет выше, а давление понизиться.
- Использование байпаса. Это дополнительный участок трубопровода, который монтируется в качестве обходного канала и служит для регулирования пропускной способности трубопроводной системы [6,8].

Для защиты автомобиля от гидравлического удара следует выполнять следующие рекомендации:

- Осуществить установку шноркеля в автомобиль. Он предназначен для повышения уровня воздухозаборников, который напрямую соединены с двигателем.

- Не пытаться проезжать места затопления, неизвестных бродов и глубоких луж, чтобы избежать попадания воды в двигатель.
- Проводить своевременную очистку воздушного фильтра от загрязнений. Загрязнённый воздушный фильтр способен пропускать воду.
- Предусмотреть установку защитных решеток на шноркеле и воздухозаборниках. Позволяет защитить двигатель от попадания грязи и воды в мотор.
- Своевременное ТО двигателя. Важно следить за сохранностью манжеты головки и уплотнителей системы охлаждения [4,5].

В заключении отметим, что явление гидравлического удара учитывается при расчётах и проектировании систем трубопроводов, работы гидроэлектростанции (ГЭС) и других функциональных систем. Так следует отметить, что защите и изучению от гидроудара посвящены многочисленные издания, основы предупреждающих мероприятий изложены в учениях Жуковского Н.Э. «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах» и других научных публикациях [1,2,6].

Список литературы:

1. Колдин М.С., Алехин А.В., Земляной А.А., Аксеновский А.В. Гидравлика / Мичуринск. Изд-во «Инфра-Инженерия» 2025. С. 45-48.
2. Жуковский Н.Э. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах / Москва-Ленинград. Государственное издательство технико-теоретической литературы. 1949. С. 103.
3. Жуковский Н. Е. Теоретическая механика в 2 т. Том 1: учебник для вузов / Москва: Издательство Юрайт. 2025. С. 404. ISBN 978-5-534-03529-2.
4. Жуковский Н. Е. Теоретическая механика в 2 т. Том 2: учебник для вузов / Москва: Издательство Юрайт. 2025. С. 411. ISBN 978-5-534-03531-5.
5. Гусев А. А. Основы гидромеханики: учебник для вузов / Москва: Издательство Юрайт. 2025. С. 56. ISBN 978-5-534-15854-0.
6. Джесси Рассел Гидравлический удар. М.: VSD. 2021. С. 194.

7. Крассов И.М. Гидравлические элементы систем автоматического регулирования. М.: МАШГИЗ. 2016. С. 364.

8. Лапшев Н. Н. Гидравлика: учебник для вузов по специальности Строительство. М.: Академия. 2007. С. 268.

UDC 621.644

HYDRAULIC HAMMER AS A CONSEQUENCE OF DESTRUCTION OF FUNCTIONAL ELEMENTS OF CAR AND PIPELINE SYSTEMS

Mikhail S. Koldin

candidate of technical sciences, associate professor

koldinms@yandex.ru

Pavel Y. Morozov

student

morozpvl4@gmail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The consideration of hydraulic shock as a destructive phenomenon that occurs under certain conditions in technical systems is an urgent task. The article provides a description of the phenomenon of hydraulic shock, its types, causes, and consequences. It also provides a brief overview of the phenomenon of hydraulic shock and describes measures and tools for preventing its occurrence in pipeline systems.

Keywords: hydraulic hammer, car, system, water, pressure, hydraulics, liquid, engine, valve, shutter.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.