

Малыбаев Нурлан Сакенович

к.т.н. доцент, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: malybaevnurlansakenovich@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабеквич

к.т.н. профессор, кафедра «Машиностроения и стандартизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008,
e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Абишев Кайролла Кабдрахманович

ст. преподаватель, кафедра «Промышленный инжиниринг и дизайн», Инженерно-технологический факультет, Инновационный Евразийский университет,
г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан,

Кулумжанов Жантлек Жанатович

магистрант, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: jonnysmit@mail.ru

Мукатов Садык Сазатаевич

магистрант, кафедра «Машиностроения и стандартизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: sadykus@bk.ru

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ГИДРОАККУМУЛЯТОРА
ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Рассмотрены рекомендации для выбора гидроаккумулятора, виды, преимущества и недостатки. Так же разновидности пневмогидравлического аккумулятора, которые имеют свои положительные качества. Указывается, что в качестве разделителя используют каучуковый баллон для разных диапазонов температуры и видами жидкости. Приведены формулы и пояснения к ним для определения рабочих параметров при выборе гидроаккумулятора.

Ключевые слова: гидравлический аккумулятор, давление, жидкость, температура, мощность, энергия, конструкция.

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлический аккумулятор – это гидроемкость (сосуд, устройство) рассчитанный для аккумуляирования и возврата энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением. Иными словами, позволяет накапливать энергию сжатого газа или пружины, передавать её в гидросистему потоком жидкости. С помощью аккумулятора можно понизить мощность насосов гидросистемы

или обеспечить перерывы в работе насоса. Помогает поддерживать работу гидросистемы в аварийных и нештатных ситуациях, т.е. при выходе из строя источника питания. Аккумулирование энергии рабочей жидкости происходит во время пауз или незначительного расхода. В периоды интенсивной работы накопленная энергия возвращается в систему.

Английский изобретатель Джозеф Брама XVIII веке запатентовал грузовой гидроаккумулятор, а также изобрел гидравлический пресс. Эти изобретение применяются во всех сферах промышленности по сегодняшний день. Важно знать характеристику и расчет при выборе гидроаккумулятора, так как уникальность этого оборудования проверено временем [1–3].

Сохраненное давление в гидроаккумуляторе помогает изгладить влияние таких факторов, как вызванное колебаниями температуры изменение объема рабочей жидкости и ее потери, провоцирующие снижение давления. Работа дает возможность рекуперацию мощности, что позволяет уменьшить мощность гидропривода, увеличить КПД и снизить потребление энергии в целом. Также позволяет преодолевать пиковые нагрузки и использовать насосы наименьшей мощности и объемом. Может служить демпфером от пульсации насосов и гидравлических ударов во всасывающих и напорных магистралях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Гидроаккумуляторы классифицируются по способу накопления энергии:

- гидроаккумуляторы с механическим накопителем;
- гидроаккумуляторы с пневматическим накопителем.

В зависимости от конструкции, гидроаккумуляторы с механическим накопителем делятся на грузовые и пружинные гидроаккумуляторы [4, 5].

В грузовом гидроаккумуляторе давление жидкости прямо пропорционально массе давящего груза и обратно пропорционально площади поршня. Давление будет постоянным независимо от объема оставшейся жидкости, так как оно определяется только массой груза и площадью поршня.

В пружинном гидроаккумуляторе давление будет уменьшаться по мере уменьшения объема жидкости, так как усилие пружины зависит от величины сжатия.

Гидроаккумуляторы с пневматическим накопителем широко применяются в промышленности, на транспорте, в авиации, на судах и в системах водоснабжения. Наибольшее распространение в технике получили за счет своих преимуществ, таких как высокая энергоемкость, компактность, разнообразие конструктивных решений [6–8].

Таблица 1 – Виды гидроаккумуляторов, преимущества и недостатки.

Виды гидроаккумуляторов	Преимущества	Недостатки
Грузовой гидроаккумулятор	— простота конструкции; — большой рабочий объём; — низкая стоимость.	— низкая энергоёмкость; — высокая инерционность; — громоздкость конструкции; — низкое давление.
Пружинный гидроаккумулятор	— относительная простота конструкции; — невысокая стоимость.	— давление зависит от деформации пружины; — небольшой рабочий объём; — инерционность.
Пневмогидравлический аккумулятор	— высокая энергоёмкость при малых размерах; — различные исполнения по конструкции и назначению.	давление аккумулятора изменяется в соответствии с политропным процессом сжатия и расширения газа.

Пневмогидравлический аккумулятор накапливает энергию в результате сжатия газа (азота или воздуха). Пневмогидравлический аккумулятор – закрытый сосуд, заполненный сжатым газом с начальным давлением p_n зарядки; при подаче в этот сосуд жидкости объем газовой камеры уменьшается, вследствие чего давление газа повышается, достигая к концу зарядки (заполнения) жидкостью значения p_{max} . Количество поданной в аккумулятор жидкости и среднее давление газа, которое приближенно для изотермного процесса может быть принято равным, определяют запас энергии (энергоемкость), которая может быть полностью или частично использована при разрядке аккумулятора. В гидравлических аккумуляторах в качестве разделительных элементов используются поршни, баллоны и мембраны. Это используется для того чтобы устранить возможность растворения газа в жидкости.

Таблица 2 – Типы пневмогидроаккумуляторов, преимущества и недостатки

Виды	Преимущества	Недостатки
Поршневые	— широкий ассортимент изделий: от 0,1 до 1200 л; — возможны низкие скорости потока; — контроль объема жидкости по всей длине хода поршня; — экономия мощности.	— наличие сил трения поршня в цилиндре; — нарушение герметичности по месту посадки поршня в цилиндре в условиях низких температур.
Баллонные	— рабочий диапазон температуры -50 °C до + 150 °C; — относительная простота конструкции; — достаточная надежность и компактность.	— износ каучукового, баллонного разделителя;
Мембранные	— диапазон вместимости рабочей жидкости от 0,75 до 4 литров; — рабочий диапазон температуры -10 °C до + 80 °C; — достаточная надежность и компактность.	— износ каучукового, баллонного разделителя; — относительная сложность конструкции;

Для защиты резины от воздействия кислорода в большинстве конструкций заменен азотом, с помощью которого срок службы диафрагмы значительно

повышается. Диафрагма имеет такие размеры и форму, чтобы при разрядке аккумулятора на ней не образовывались складки и растяжение ее происходило не больше 5 %. Это относится к аккумуляторам, предназначенным для работы в условиях низких температур, при которых резина теряет эластичность. В качестве материала для изготовления диафрагм применяют вулканизированные плотные сорта резины толщиной 1,5—3 мм.

Таблица 3 – Материал баллона, совместимые жидкости и допустимые рабочие температуры

Материал	Жидкость	Температура
Акрилонитрил-бутадиеновый каучук	Минеральные масла (HL, HLP, HFA, HFB, HFC), вода	-50 °C ... + 80 °C
Эпихлоргидринэтиленоксидный каучук	Минеральное масло	-30 °C ... +120 °C
Бутилкаучук	Фосфатные эфиры, вода	-40 °C ... +100 °C
Фторсодержащий эластомер	Хлорированный углеводород, бензин	-10 °C ... +150 °C

Выбор конструкции и рабочих параметров аккумулятора руководствуются стремлением получить минимальный его вес и объем, т.е. рабочие параметры аккумулятора должны быть такими, чтобы при минимальном конструктивном его объеме и заданном минимальном диапазоне давления было достигнуто максимальный полезный объем аккумулятора [9–10].

Для определения полезного объема исходя из изотермного процесса

$$V_{\text{п}} = V_{\text{к}} \left(1 - \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{max}}} \right)$$

где $V_{\text{к}}$ – конструктивная емкость,

$p_{\text{н}}$ – начальное давление зарядки аккумулятора,

p_{max} – максимальное рабочее давление.

Разрядку аккумулятора не доводят до вытеснения всей жидкости, в нем сохраняют некоторый запас $V_{\text{з}}$ жидкости. С учетом этого полезный объем аккумулятора при условий $p_{\text{min}} > p_{\text{н}}$ и $n = 1$

$$V_{\text{пол}} = V_{\text{п}} - V_{\text{з}} = V_{\text{к}} \left(1 - \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{max}}} \right) - V_{\text{к}} \left(1 - \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{min}}} \right) = V_{\text{к}} \left(\frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{min}}} - \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{max}}} \right)$$

или

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_k} = \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{min}}} - \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{max}}}$$

Объем V_2 и $V_{\text{п}}$ для изотермного процесса сжатия газа можно найти

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_2} = \frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{min}}} - 1$$

где V_2 – объем газовой части аккумулятора в конце зарядки жидкостью,

n – показатель политропы,

p_{min} – минимальное рабочее давление.

Для политропного изменения ($n > 1$) примет вид

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_2} = \left(\frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{min}}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Для определения влияние режима сжатия и расширения газа в аккумуляторе величина начального давления зарядки для этого случая может быть рассчитана по выражению

$$p_{\text{н}} = p_{\text{max}}^{1-\frac{1}{n}} p_{\text{min}}^{\frac{1}{n}}$$

Для адиабатного цикла ($n = k = 1,4$) это уравнение принимает вид

$$p_{\text{н}} = p_{\text{max}}^{0,285} p_{\text{min}}^{0,715}$$

Для определения работы совершаемой при разрядке аккумулятора для изотермного цикла

$$A_{\text{и}} = p_{\text{н}} V_k \ln \frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{н}}}$$

Для политропного цикла

$$A_{\text{п}} = \frac{p_{\text{н}} V_k}{n-1} \left[1 - \left(\frac{V_{\text{г}}}{V_k} \right)^{n-1} \right] = \frac{p_{\text{н}} V_{\text{г}}}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{max}}} \right)^{n-1} \right]$$

Для определения влияния температуры на количество жидкостей $V_{\text{п}}$ отдаваемой при разрядке аккумулятора

$$V_n = V_k \left[\frac{p_n}{p_1 p_2} \right]^{\frac{1}{n}} \left[p_1^{\frac{1}{n}} - p_2^{\frac{1}{n}} \right] \left[\frac{T_1}{T_2} \right]^{\frac{1}{n}}.$$

ВЫВОДЫ

В промышленности чаще используют пневмогидравлические (газовые) аккумуляторы. Преимущества и недостатки данных аккумуляторов – это температура, жидкость и материал, используемый в качестве разделителя. Правильное применение данных материалов повысит надежность оборудования.

Освоение расчетов позволит подобрать компактный гидроаккумулятор, с максимально полезным объемом давления. Сохранение и использование энергии гидроаккумулятора повышает эффективность работы основного оборудования, а также ее безопасность при эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Башта, Т. М.**, Машиностроительная гидравлика // Т. М. Башта // Справочное пособие: издание 2-е / Москва: «Машиностроение», 1971. – С.432–445.
- 2 [ru.wikipedia.org/wiki/Брама, Джозеф](http://ru.wikipedia.org/wiki/Брама,_Джозеф)
- 3 <https://www.areopag-spb.ru/gidroakkumulyatory> [Электронный ресурс].
- 4 **Угничус, А. А.**, Гидравлика и гидравлические машины. Харьковский университет, 1970. – 396 с.
- 5 **Долгачев, Ф. М., Леико, В. С.** Основы гидравлики и гидропривод. – М. : Стройиздат, 1981. – 183 с.
- 6 **Суслов, Н. М., Чернухин, С. А.** Гидравлический привод механизма шагания с гидроаккумуляторами // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 1 (135). – С. 3–7.
- 7 **Лоскутов, И. П.** К вопросу выбора гидроаккумулятора // Молодой ученый. 2010. – № 3. – С. 29–32.
- 8 **Илаев, Б. В.** Обзор и анализ конструкций гидравлического аккумулятора // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 48. – № 1. – С. 159–162.
- 9 ГОСТ 17752-81 (СТ СЭВ 2455-80) Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения
- 10 **Жутов, В. В.** Метод экспериментального определения частотных характеристик гидропривода // Молодежный научно-технический вестник. – 2013. – № 8. – С. 22.
- 11 **Хайбулина, Р. А., Рындин, В. В.** Автоматизированный расчёт гидропривода с использованием системы Mathcad // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 109–118.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Малыбаев Нурлан Сакенович

т.ғ.қ., доцент, «Технологиялық жабдықтар,
машина жасау және стандарттау» кафедрасы,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: malybaevnurlansakenovich@mail.ru.

Касенов Асылбек Жумабекович

т.ғ.қ., профессор, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Әбішев Қайролла Қабдрахманұлы

аға оқытушы, «Өнеркәсіптік инжиниринг
және дизайн» кафедрасы,
Инженерлік-технологиялық факультеті,
Инновациялық Еуразия университеті,
Павлодар қ., 140000 Қазақстан Республикасы

Кулумжанов Жантлек Жанатович

магистрант, «Технологиялық жабдықтар,
машина жасау және стандарттау» кафедрасы,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: jonnysmit@mail.ru.

Мукатов Садык Сазатаевич

магистрант, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: sadykus@bk.ru.

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

**Гидравликалық жүйеге гидроаккумулятор
таңдау бойынша ұсыныстар**

Гидравликалық аккумуляторды таңдау бойынша ұсыныстар, оның түрлері, артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады. Сонымен қатар пневмогидроаккумулятордың пайдалы қасиеттері бар сорттары байқастырылды. Болгіш ретінде әр түрлі температуралық диапазондар мен сұйық түрлеріне арналған баллон пайдаланылатындығы көрсетілген. Гидравликалық аккумуляторды таңдау кезінде жұмыс параметрлерін анықтау үшін формулалар мен түсініктемелер берілген.

Кілтті сөздер: гидравликалық аккумулятор, қысым, сұйықтық, температура, қуат, энергия, конструкция.

Malybaev Nurlan Sakenovich

Cand.Sci.(Eng.), Assistant Professor,
Department of Technological Equipment,

Engineering and Standardization,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: malybaevnurlansakenovich@mail.ru.

Kasenov Asylbek Zhumabekovich

Cand.Sci.(Eng.), Professor,
Department of Engineering and Standardization,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Abishev Kairolla Kabdrakhmanovich

senior lecturer, Department of «Industrialized engineering and design»
Faculty of Engineering and Technology,
Innovative University of Eurasia,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan

Kulumzhanov Zhantlek Zhanatovich

master, Department of Technological Equipment,
Engineering and Standardization, Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: jonnysmit@mail.ru.

Mukatov Sadyk Sazataevich

master, Department of Engineering and Standardization,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: sadykus@bk.ru.

Material received on 02.03.20.

**Recommendations for selecting a hydraulic battery
for a hydraulic system**

Recommendations for choosing a hydraulic accumulator, types, advantages and disadvantages are considered. Also, varieties of pneumohydraulic accumulator, which have their positive qualities. It is indicated that a rubber balloon for different temperature ranges and types of liquid is used as a separator. Formulas and explanations are given for determining the operating parameters when choosing a hydraulic accumulator.

Keywords: hydraulic accumulator, pressure, liquid, temperature, power, energy, design.