

Из заграничной литературы.

Паровой аккумулятор Рутса.

Паровой аккумулятор имеет целью собирать в себя пар, когда есть излишек пара в фабричном паропроводе, и отдавать собранный пар в паропровод, когда производство того требует. Он представляет собою железный резервуар, куда собирается и где конденсируется пар и где он хранится в виде горячей воды под давлением. При открывании вентиля давление в резервуаре падает, часть горячей воды превращается немедленно в пар, который и употребляется на производство. Принцип собирания пара в виде горячей воды под давлением не нов и был раньше использован, напр., в аккумуляторе Рато, в локомотиве без огня и др. Там аккумулятор имел малые размеры и преследовал одну узкую определенную цель, напр., использование определенного количества мятого пара паровой машины железопрокатной мастерской, работающей с сильно переменной нагрузкой, или получение локомотива безопасного для употребления в угольных шахтах и т. п. На том же принципе основывалось применение в производствах с большим и неравномерным расходом пара паровых котлов с большим объемом воды. Эта вода играла в их парохозяйстве точно такую же роль, как в аккумуляторе, но ее объем и пределы изменения давления были по необходимости ограничены. Инженер Рутс применил этот принцип во всей широте, построив аккумулятор, могущий с успехом выравнивать колебания как в расходе пара и механической энергии, так равно и в приходе таковых. Он отделил процесс получения пара от процесса его накопления, заменив водяное пространство нескольких паровых котлов одним гораздо большим водяным пространством парового аккумулятора.

Таким образом получились следующие преимущества: 1) гораздо большая равномерность и потому большая экономичность работы паровых котлов, 2) возможность заменить большие цилиндрические котлы котлами водотрубными более высокого давления, пар от которых можно использовать для производства после использования его в двигателе, 3) возможность запастись и потом быстро расходовать очень большое количество пара и тем сократить время производственных процессов, 4) сокращение требующейся поверхности нагрева паровых котлов, 5) повышение экономичности всего парохозяйства. Установка аккумуляторов особенно выгодна в производствах, где по временам требуется очень большой расход пара, напр., в целлюлозном.

Первый аккумулятор Рутса появился в августе 1917 года, а до сего дня их поставлено уже более 70, из которых около 70% падает

на целлюлозные и бумажные фабрики. Размер отдельных построенных аккумуляторов варьирует от 1,7 до 345 куб. метров. Вода занимает в них 90 — 95% объема. В основу расчета аккумулятора положен тот факт, что определенный объем горячей воды, находящейся под давлением, дает при понижении давления на определенную величину точно определенное количество пара, при чем это количество пара тем больше, чем меньше величина первоначального давления.

Диаграмма 1 дает количество кг. пара, какое дает 1 куб. метр воды при понижении давления на 1 атмосферу при разных начальных давлениях.

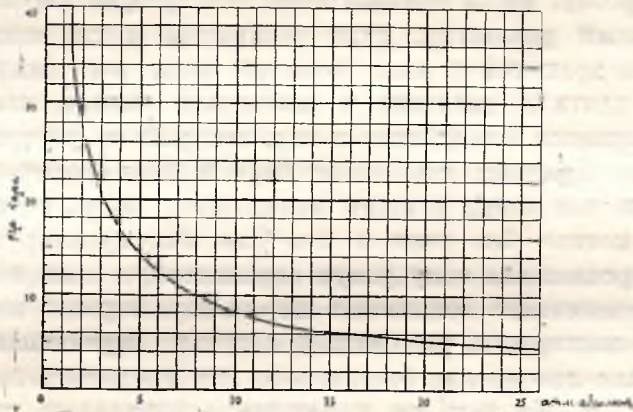


Диаграмма 1.

Таблица 2 показывает требующийся объем аккумулятора на 1 тонну запасаемого пара при разных величинах высшего и низшего давления в нем.

Таблица 2.

Объем аккумулятора.

Куб. метр. на каждую тонну запасаемого пара при разных высших и низших давлениях и при 90% наполнения водой.

Высшее давление в аккумулят. атм. абсол.	Низш. давление в аккумулят.						Высшее давление в аккумулят. атм. абсол.	Низш. давление в аккумулят.							
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		
	Объем аккумулят. куб. метр.							Объем аккумулят. куб. метр.							
1							6	9	17	25	41				
2	29						7	8	14	20	30	50			
3	19	45					8	8	13	17	24	34			
4	14	27					9	8	13	16	20	27	36		
5	11	21	35				10	8	13	15	18	24	30		

Высшее давление—то, до которого аккумулятор доводят при нагрузке, низшее—то, до которого допускается его разгрузка.

Таблица 3 дает число кг. железа в аккумуляторе на каждый кг. запасаемого пара при разных высших и низших давлениях.

Таблица 3.

Высш. давл. атм. абсол.	Низшее давление атмосф. абсол.											
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,7											
2	0,9	2,2										
3	1,0	1,7	3,0	6,8								
4	1,3	1,8	2,4	3,7	5,5							
5	1,5	1,9	2,3	3,2	4,3	9,0						
6	1,6	2,0	2,4	3,0	3,7	6,3						
7	1,8	2,1	2,5	3,0	3,6	5,3	8,6					
8	2,0	2,3	2,7	3,1	3,6	4,8	7,0	10,7				
9	2,1	2,4	2,8	3,2	3,6	4,6	6,4	8,8				
10	2,3	2,6	2,9	3,3	3,6	4,6	6,1	8,0	11,4			
11	2,4	2,7	3,1	3,3	3,8	4,6	6,0	7,4	9,9			
12	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,7	5,9	7,0	9,1	11,5		
13	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,8	5,9	6,8	8,5	10,5		
14	2,9	3,1	3,4	3,8	4,1	4,9	5,9	6,7	8,2	9,9		
15	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	5,0	5,9	6,6	8,0	9,5	11,4	
16	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	5,1	5,9	6,7	7,8	9,1	10,7	
17	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	5,2	6,0	6,7	7,7	8,9	10,3	
18	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,3	6,0	6,7	7,7	8,7	10,0	11,6
19	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,4	6,0	6,8	7,7	8,6	9,8	11,2
20	3,6	4,0	4,3	4,6	4,8	5,6	6,1	6,8	7,7	8,4	9,7	11,0
Наименьший вес железа получается при следующих предельных давлениях:												
Низшее	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7			
Высшее	1	3,1	4,4	5,9	7,1	9,5	12,7	14,9	18			

Объем воды принят в 90% всего объема. Длина аккумулятора в 5 раз больше диаметра.

При обычных на практике условиях на каждую тонну собираемого пара объем аккумулятора составляет 10—30 куб. метр., а вес железа в нем около 2 тонн.

Аккумулятор Рутса представляет собою горизонтальный цилиндрический резервуар с полусферовыми днищами. Такая форма дает наименьшую поверхность и потому наименьшее охлаждение. Наружная поверхность покрыта слоем изоляции в 100 м/м. толщиной. Расчет, подтвержденный и практикой показывает, что потеря тепла при этих условиях составляет около 0,875 калор. 1 кв. метра 1 час 1°С, что дает в результате от 0,1% до 0,5% всего количества тепла, смотря по величине аккумулятора. Это обстоятельство позволяет ставить аккумуляторы вне здания на открытом воздухе, что и сделано в большинстве установок. В этих случаях сверх слоя изоляции необходимо покрыть аккумулятор железом, толем, рубероидом и т. п. для защиты от погоды.

К телу цилиндра приклепываются 4 большие стальные лапы, которыми он становится на 4 подставки, из которых одна неподвижна, вторая позволяет движение поперек оси, третья—вдоль оси и четвертая в обоих направлениях.

Резервуар имеет лаз для доступа человеку внутрь его, спускной кран, штуцеры для термометров, воздушный кран, вакуумвентиль, два предохранительных клапана, водоуказатель и устройство для загрузки и разгрузки пара. Так как давление в аккумуляторе меняется в широких пределах, то и колебания уровня воды в нем весьма значительны. Они еще возрастают оттого, что, напр., при разгрузке аккумулятора уровень воды понижается, давление пара и температура пара и воды понижаются, и повышается удельный вес воды, что вызывает также падение ее уровня. По этой причине кажущееся испарение воды при разгрузке больше, чем оно есть в действительности, и обычный водоуказатель давал бы неточные показания. Так как каждому давлению соответствует точно определенный уровень воды, то шкала водоуказателя в аккумуляторе разделена не на сантиметры уровня воды, а на атмосферы давления. Так как пар при загрузке содержит всегда несколько больше тепла, чем пар при разгрузке, то обыкновенно после каждой разгрузки уровень воды бывает несколько ниже нормы. В обратную сторону действует охлаждение поверхности аккумулятора, и практика показала, что эти две причины почти друг друга уравновешивают, так что регулировать уровень воды приходится редко—не чаще одного-двух раз в месяц. Если аккумулятор ставится снаружи, то его водоуказатель устраивается в ближайшем здании. Аккумулятор соединяется с паропроводом фабрики таким образом, что через него проходят только излишки пара в ту или другую сторону.

Для этой цели служат два обратных клапана. Клапан А открывается, когда давление в паропроводе выше, чем в аккумуляторе

клапан *Б*, наоборот. Внутри аккумулятора пар поступает через распределительную трубу в ряд мундштуков, окруженных особыми трубами диффузорного типа, доходящими почти до дна. Распределительная

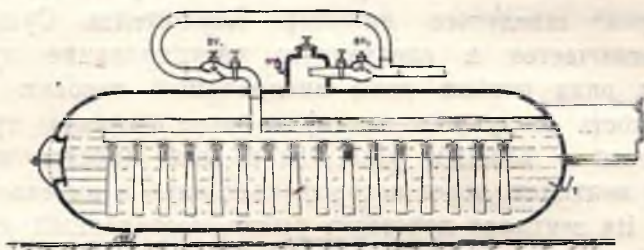


Рисунок 4.

труба находится близ поверхности воды, и сопротивление столба воды незначительно. Загрузка паром происходит без шума и сотрясений, и достигаемая циркуляция воды настолько хороша, что разность температур воды в разных местах не превышает $0,2^{\circ}\text{C}$.

У разгрузочной трубы поставлено сопло Лавалья, рассчитанное так, чтобы пропускать только такое количество пара, которое безопасно для аккумулятора. Так как это количество пара все-таки значительно выше того, какое может потребоваться на практике, то указанное ограничение не вызывает неудобств.

Так как аккумулятор может дать сразу громадное количество пара, то без указанного ограничения могла бы иногда явиться опасность увлечения воды в паропровод и даже повреждения самого аккумулятора. Практика показала, что при данном устройстве большой аккумулятор может дать до 100.000 кг. пара в час без малейшего шума и сотрясений, при чем пар остается сухим. Потеря давления в сопле составляет при нормальном расходе пара только $0,01$ атм., что, конечно, не имеет значения.

В случае, если имеют дело с перегретым паром и желают получить из аккумулятора также пар перегретый, перед ним устанавливается особый резервуар, наполненный рядами чугунных плиток, уложенных так, чтобы дать возможно большую поверхность соприкосновения с паром при наименьшем сопротивлении его протеканию. В этом резервуаре пар отдает всю свою теплоту перегрева и из него вступает в аккумулятор сухим насыщенным. При разгрузке пар пропускается через тот же резервуар в обратном направлении и в нем получает перегрев. Температура перегрева держится на желаемом уровне путем пропуска большей или меньшей части пара мимо резервуара прямо в паропровод. Регулирование производится автоматически. Так как установка парового аккумулятора влияет на все стороны паровой и силовой установки, и он регулирует взаимоотношения всех ее отдельных частей, то он соединяется специальными приспособлениями с каждой частью и регулирование всего хозяйства произ-

водится принудительно автоматически. Все устройство регулировки централизовано, и все контрольные и управляющие приборы помещены в одном месте наподобие распределительного щита электроустановок. Управление всеми вентилями производится гидравлическим путем по системе „арка“ шведского инженера Карлштедта. Сущность этой системы заключается в следующем: регулирование производится посредством ряда особых релэ; специальный насосик непрерывно подает жидкость (воду или масло) в нагнетательную трубку, которая сообщается с каждым релэ, где на ней имеется специальный игольчатый вентилек, через который постоянно и вытекает жидкость по каплям. На вентилек действует рычаг, соединенный с барометрической трубкой или коробкой, которая соединяется с паропроводом подлежащим регулированию. При изменении давления в паропроводе рычаг закрывает или открывает вентилек на релэ и таким образом повышает или понижает давление жидкости в нагнетательной трубке. Это давление действует на особую мембрану, передвигающую поршневый золотник, который пропускает большее или меньшее количество жидкости из нагнетательной трубки к особому длинному поршню, действующему посредством цепи с противовесом на маховичок парового вентиля. Все вентили, входящие в систему, регулируются таким образом одновременно каждый своим релэ автоматически и чрезвычайно точно, так как чувствительность системы очень высока,—выравниваются колебания $\times 0,5\%$.

Основная область применения аккумуляторов—выравнивание колебаний в расходе пара и механической энергии на фабриках с целью достижения совершенно равномерной работы паровых котлов при постоянной отдаче пара в количестве, равном среднему его расходу.

Вторая область применения для использования получающихся в производстве излишков теплоты в виде, напр., отходящих газов Дизель-моторов, временных излишков гидроэлектрической энергии и т. п.

Третья основная область применения—выравнивание колебаний прихода теплоты в предприятиях металлургической железодельательной промышленности.

Приведем несколько схем включения аккумуляторов в паропроводную сеть фабрик.

1. Установка бумажной и целлюлозной фабрики на водяной силе.

Имеются 4 паров. котла по 134 кв. м. на 8 атм. рабоч. давления, 3 варочных котла по 150 кв. м., 1 самочерпка, отбельная, производство спирта из щелоков. Аккумулятор 125 кв. метр. для работы в пределах 6—1, 7 атм. раб. давл., дающий 7.000 кгр. пара. В паропровод L включены 2 регулирующие органа—редуцир. вентиль P₁, который держит давление за ним p₂ постоянно = 1,5 атм., и особый вентиль X, регулируемый с трех сторон: 1) он открывается при повы-

пении давления в паровых котлах, 2) открывается при понижении давления за ним до 1,45 атм., 3) закрывается при достижении давления в аккумуляторе почти максимальной назначенной величины.

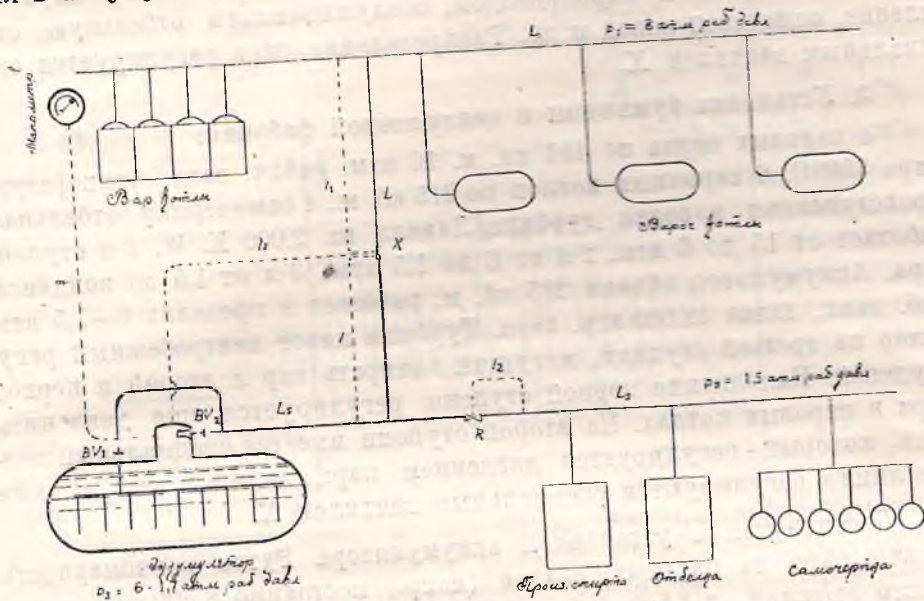


Рисунок 5.

2. Установка бумажной и целлюлозной фабрики с паровой силой

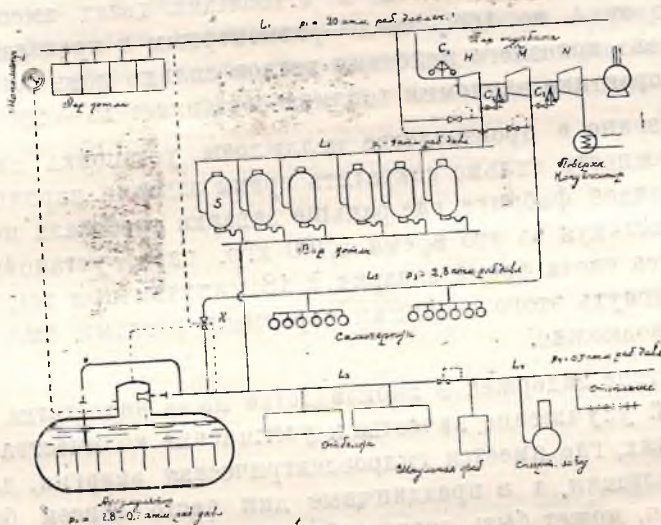


Рисунок 6.

5 паров. котлов по 400 кв. м. 20 атм. рабоч. давления. Температура пара 325° С. Трехступенчатая паровая турбина Лавала 1.500 К. W. 1-я ступень работает от 20 до 9 атм. и дает пар на варочные котлы.

2-я ступень работает от 9 до 2,8 атм. и дает пар на самочерпки. 3-я ступень соединена с конденсатором. Аккумулятор объема 345 кв. м. работает в пределах 2,8—0,7 раб. давл. и дает 12.000 кгр. пара. Он соединен с третьим паропроводом, обслуживающим отбельную, отопление, спиртовой завод и др. Распределение пара регулируется специальным вентилем X.

3. Установка бумажной и целлюлозной фабрики.

4 паровых котла по 491 кв. м. 16 атм. рабоч. давл. температура пара 350°С. 6 варочных котлов по 215 кв. м., 4 самочерпки, отбельная. Трехступенная паровая турбина Лавала на 2.000 К. W. 1-я ступень работает от 15 до 6 атм., 2-я от 6 до 1,5 атм., 3-я от 1,5 до конденсатора. Аккумулятор объема 265 кв. м. работает в пределах 6—1,5 атм. раб. давл., давая 18.000 кгр. пара. Турбина имеет центробежный регулятор на третьей ступени, могущий запирает пар и второй и первой ступеней. Наполнение первой ступени регулируется еще давлением пара в паровых котлах. На второй ступени имеется специальный вентиль, который регулируется давлением пара линий L₂ и L₃. Также все линии регулируются специальным вентилем X.

Достигнутая с установкой аккумулятора Рутса равномерность подачи пара из паровых котлов (напр., постоянно 8.500 кгр. в час вместо прежних от 4.500 до 16.500 кгр.) дала возможность весь нужный для производства пар пропускать предварительно через паровой двигатель, а не выделять отдельно группы котлов для двигателя и для производства.

Содержание углекислоты в отходящих газах вместо прежних колебаний от 4 до 16% стало равномерным в пределах 14—15%. Коэффициент полезного действия котлов сильно повысился и достигнутая на практике экономия топлива составляет 15—20%.

Собственно в производстве целлюлозы установка аккумулятора дала возможность сильно сократить время заварки варочных котлов. Напр., на одной фабрике, где раньше заварка требовала полтора часа времени, расходуя за это время 5.400 кгр. пара, установка аккумулятора Рутса свела время заварки к 18 минутам при том же расходе пара. Достигнуть этого с одними паровыми котлами было бы практически невозможно.

Отсутствие задержек в производстве из-за недостатка пара влечет за собой улучшение качества и увеличение количества продукта. В тех случаях, где имеется гидроэлектрическая энергия, дающая по временам излишки, а в праздничные дни часто совсем без пользы пропадающая, может быть легко собрана в виде пара.

Все сказанное приводит к заключению о несомненной выгоде установки в нашем производстве аккумуляторов Рутса. Для возможности правильного расчета такового, чтобы не получить или слишком малый и недостаточный, или слишком большой и бесполезно дорогой

аккумулятор, необходимо подробно и тщательно выяснить все колебания в расходе пара и механической энергии на фабрике.

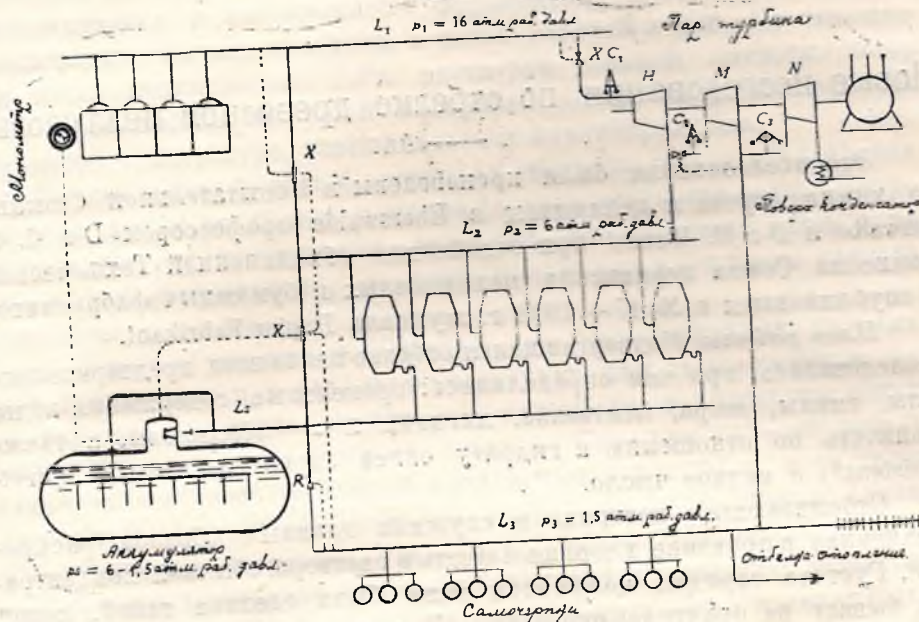


Рисунок 7.

К этой работе и следует безотлагательно приступить на всех наших фабриках и в первую очередь имеющих целлюлозные заводы.

Задача усиления и улучшения производства одновременно с всемерной экономией топлива уже вплотную к нам приблизилась.

И. Н.