Добрый день, уважаемая комиссия! Тема моей магистерской работы: «Разработка и исследование установок, которые используют энергию низкопотенциального пара». Эти установки разрабатывались для комбината ПАО «им. Ильича», но могут использоваться на других предприятиях.

В настоящее время вопросам энергосбережения уделяется все более пристальное внимание, все активнее разыскиваются различные варианты снижения энергозатрат. В то же время с целью охлаждения при различных производствах мы «разбрасываемся» низкопотенциальным теплом. В большинстве случаев это тепло в огромных количествах рассеивается в окружающую среду через градирни, системы разомкнутого водяного охлаждения и просто путем конвективного теплообмена с окружающим воздухом в простых теплообменных аппаратах. В итоге происходит тепловое загрязнение и, главное, бесцельно тратится энергия. Утилизация вторичных энергоресурсов позволит получить большую экономию топлива и существенно уменьшить капитальные затраты на создание соответствующих энергоснабжающих установок.

Примером таких потерь на комбинате является низкопотенциальный пар, который попросту в летний сезон выбрасывается в окружающую среду, так как пар низких параметров не используют в производстве.

(1) Рассмотрим схему основных энергетических потоков, прошу обратить внимание на потоки пара, давление которого имеет диапазон от 0,12 МПа до 3,5 МПа. Помимо основной схемы применения пара я предлагаю такие варианты в зависимости от параметров пара: для выработки электричества (турбина мятого пара, турбина двойного давления, теплофикационная турбина), для теплоснабжения (тепловые аккумуляторы, подогреватели смешения, пароструйные компрессоры, тепловые насосы), для выработки холода (пароэжекторные и абсорбционные холодильники), комбинированные схемы выработки тепла и электроэнергии (турбина и тепловой аккумулятор).

(2а) Здесь представлена турбина мятого пара, использующаяся для выработки электроэнергии, которая состоит из производительного агрегата, пароочистителя, конденсатора. Паровые аккумуляторы нужды для непрерывности работы агрегата.

(3) На следующем плакате изображены схемы включения смешивающего инжектора (термокомпрессор).

Основные элементы: термокомпрессор (или инжектор), бак аккумулятора, регулирующие вентиля. Принцип работы заключается в том, что рабочий пар высокого давления с помощью термокомпрессора инжектируют пар низкого давления, который находится в баке аккумулятора, на выходе мы получаем пар со средним давлением.

- верхняя схема: параллельно включен инжектор и редукционная охладительная установка, функцию поддержания заданного давления в коллекторе пара среднего давления выполняет клапан-регулятор редукционной охладительной установки.

- схема для утилизации пара вторичного вскипания. В этой схеме используется только аккумулятор Рутса. В других двух может использоваться аккумулятор Рато.

- схема параллельно включенных термокомпрессоров, используется вместо редукционной охладительной установки, регулируется отключением одним или двумя инжекторами. Аккумуляторы Рато предназначены для выравнивания колебаний, аккумуляторы Рутса предназначаются для выравнивания давления.

(4) На этом плакате показаны схемы абсорбционной и пароэжекторной холодильных установок.

- Абсорбционная установка работает по принципу погашения пара аммиака абсорбентом (водой). Хладагентом является аммиак. Работает за счет тепла пара, который подается в генератор. Температуры в испарителе могут достигать -35 градусов Цельсия. Основные элементы конструкции: абсорбер, генератор пара, испаритель, дефлегматор, ресивер, пароохладитель, теплообменник, насос, конденсатор, дросселирующие вентиля, теплообменник, источник пара.

- Пароэжекторная холодильная установка работает за счет использования кинетической энергии потока пара, создавая пониженное давление в испарителе с помощью эжектора. Температура в испарителе составляет до +5 градусов Цельсия, так как хладагентом выступает вода. Основные элементы: испаритель, конденсатор, насос эжектор, дросселирующие вентиля.

(2б) На этой таблице изображены схемы установок и количество топлива для получения 1 Гдж/час тепла.

1) Котельную низкого давления принимаем за эталон. Расход топлива составляет 49 кг/час.

2) Самая эффективная установка по расчетам сжатия пара с 0,15 до 1,14 МПа – механический термокомпрессор. В установку поступает пар низких параметров, затем сжимается в турбокомпрессоре за счет затраты электроэнергии. Затраты на топливо составляют 20 кг/час.

3) Котельная среднего давления из которой пар дросселируется, обходится экономней потому, что КПД и параметры пара выше чем у котельной, которая принята за эталон. Расход топлива составляет 40 кг/час.

4) Инжекторная (термокомпрессионая) установка. Эта установка простая, компактная и экономная. Расход топлива составляет 23 кг/час.

5) Эта схема использует отбор пара из турбины, чаще всего такая схема встречается на производстве. Расход топлива составляет 31 кг/час.

6) Эта схема аналогично используют отбор турбин, но затем пар подается в эжектор для повышения параметров пара на выходе. Расход составляет 34 кг/час.

7) Следующие две установки приведены в сравнения только между собой, так как они предназначены для выработки электричества, а не тепла. Эта турбина для выработки электроэнергии использует пар низких параметров. Вторая установка для повышения КПД турбины использует холодильную установку для охлаждения оборотной воды в конденсаторе. КПД турбины действительно возрастет, но количество топлива возрастет для питания холодильной установки. Установка не выгодна из за колоссального расхода оборотной воды.

В зависимости от нужд производства, можно применять ту или иную установку. По расчетам видно, что для отопления выгодней использовать турбокомпрессорную или термокомпрессорную установку, выбор также зависит от параметров до и после сжатия.

Для получения электроэнергии следует использовать турбину мятого пара, для комбинированного получения электроэнергии и тепла лучше использовать теплофикационные турбины, что доказано многолетним опытом. Расчеты не учитывали технико-экономические затраты, которые могут повлиять на дальнейший выбор оборудования.

Спасибо за внимание, прошу задавать вопросы.

Good morning, dear committee, the topic of my Master's research paper is “Development and research of the plants that use the energy of low-grade steam”. These plants were developed for Illych Iron and Steel Works but can be also used at other enterprises.

Nowadays energy saving issues are paid more and more attention, different ways of lowering power inputs are searched for more and more actively. At the same time we waste a lot of low-grade heat in the manufacture for the purpose of cooling. In most cases this heat is dispersed in large quantities into the environment through cooling stacks, the systems of open water cooling, and simply by convective heat exchange with the environmental air in basic heat exchangers. As a result heat pollution happens and most importantly a lot of energy is wasted. The utilization of waste energy will enable saving a lot of fuel and substantially lessening capital costs for energy-supplying plants construction.

One of the examples of such wastes at the integrated works is low-grade steam which is basically emitted into the environment in summer because the steam is low-grade and it’s not used in production.

(1)Let’s take a look at the plan of the main power flows, please pay attention to the steam flows with pressure range from 0.12 MPa to 3.5 MPa. Besides the main pattern of steam usage I suggest these variants depending on the steam condition: for electric power generation (an exhaust-steam turbine, a mixed-pressure turbine, a cogeneration turbine), for heat supply (heat accumulators, mixture heaters, steam-jet compressors, heat pumps), for cold generation (steam-jet and absorption refrigerators), composite circuits of heat and electric power generation (a turbine and a heat accumulator).

(2а) Here you can see an exhaust-steam turbine for electric power generation that consists of a manufacturing machine, a steam cleaner and a condenser. Here steam accumulators are used for continuous work of the unit.

(3) On this poster you can see the steam-jet compressor (thermocompressor) connection circuits.

The main elements are a thermocompressor (or an injector), accumulator (storage battery container), control valves. The operation concept involves operating high pressure steam by use of thermocompressor injecting low pressure steam which is in the storage battery container; at the output we get middle pressure steam.

- Top scheme: injector and reducing cooling plant are parallel; the control valve of the reducing cooling plant maintains set pressure in the middle pressure steam header.

- The scheme for flash steam utilization. Only Ruts’s accumulator is used in this scheme. Rato’s accumulator can be used in the other two schemes.

- The scheme of parallel thermocompressors is used instead of a reducing cooling plant and is regulated by turning off one or two injectors. Rato’s accumulators are used for fluctuation balancing; Ruts’s accumulators are used for pressure balancing.

(4) On this table you can see the schemes of a refrigerating plant, an absorption plant and a steam jet ejector plant.

- The absorption plant works on the principle of ammonia vapor absorption using the absorbent (water). Ammonia acts as a cooling agent. It works at the expense of steam heat which is supplied into the generator. Temperature in the evaporator can reach -35 degrees C. The main elements of the unit are an absorber, a steam generator, an evaporator, a dephlegmator, a reciever, a steam cooler, a heat exchanger, a pump, a condenser, throttling valves, steam source.

- The steam jet ejector refrigerating plant works at the expense of kinetic energy of a vapor flow lowering the pressure in the evaporator by the use of ejector. Temperature in the evaporator reaches +5 degrees C because water acts as a cooling agent. The main elements are an evaporator, a condenser, a pump, an ejector, throttling valves.

(2б) On this poster you can see the schemes of the plants and the amount of fuel needed to get 1 GJ of heat.

1) A low-pressure boiler room is taken as a standard. The fuel consumption is 49 kg/h.

2) The most effective plant by results of vapor compression from 0.15 to 1.14 MPa is a mechanical thermocompressor. Low-grade steam is fed into the plant and gets compressed in the turbocompressor at the expense of electric power losses. The fuel consumption is 20 kg/h.

3) A middle-pressure boiler room out of which the steam is throttled is more profitable because its efficiency and steam condition rates are higher than the boiler room’s rates, which is taken as a standard. The fuel consumption is 40 kg/h.

4) Injector (thermocompressor) plant. This plant is simple, compact and saving. The fuel consumption is 23 kg/h.

5) This scheme uses steam extraction out of the turbine; this kind of scheme is the most common in industries. The fuel consumption is 31 kg/h.

6) This scheme also uses steam extraction out of the turbine but then the steam is fed into the ejector for steam condition improvement at the output. The fuel consumption is a little more than 34 kg/h.

7) The next two plants can be compared only against each other because they were made for electricity generation not heat generation. This electricity generation turbine uses low-grade steam.

The second plant for efficiency upgrading of the turbine uses a refrigerating plant to cool circulating water in the condenser. The turbine efficiency can really improve but the amount of the fuel will rise to feed a refrigerating plant. This plant is unprofitable because of the considerable expense of circulating water.

Conclusion: depending on the needs, any plant can be used. The calculations show that a turbocompressor or a thermocompressor plant is more profitable for heating, the choice also depends on the parameters before and after compression and the goal-setting.

To get electric power we should use the exhaust-steam turbine; heating turbines are better for getting both electric power and heat, which is proved by a long-term experience. While making calculations we didn’t take into account technical and economical costs that can influence further choice of the equipment.

Thank you for your attention, I’m ready to answer your questions.