

УДК 620.97; 663.4

**ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ  
ПРОИЗВОДСТВА ПИВА.  
КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ**

А.А. Смоляк, М.Н. Галицкая

Могилевский государственный технологический институт, Беларусь

Для сравнения потенциала тепловых потоков, различных способов энерготехнологического комбинирования и энергосберегающих мероприятий определены потоки тепловой энергии (энтальпии) и ее работоспособности (эксергии) с основными теплоносителями, продуктами производства и источниками вторичных энергоресурсов.

Значения потоков энтальпии и эксергии, отнесенные к единице производимой продукции, представлены в таблице

Теплоноситель	Расход, кг/дал	Энтальпия, КДж/дал	Удельная эксергия, КДж/кг	Эксергия, КДж/дал
Пар (1,5 бар)	4...7,85	10780...2115	578,81	2315...4544
Вода, 80°C	8...10	2680...3350	22,57	180,1...225,7
Вода, 60°C	10...22	2510...5520	10,38	103,8...228,4
Вторичный пар кипя- чения сусла, 1 бар	2,2	5910	520,74	1151
Конденсат, 90°C	4...7,85	1510...2960	30,18	120,7...236,9
Сусло, 100°C	12	4750	36,84	442,0
Сусло, 60°C	12	2850	10,07	120,8
Сусло, 35°C	12	1665	1,65	19,8
Сусло, 6°C	12	285,6	-1,47	-17,6
Вода охлаждения сусла и пива, 35°C	58	8500	1,62	94,0
Вода охлаждения кон- денсаторов холодильной установки, 25°C	140	14670	0,25	35
Сточная горячая вода (мочная), 35°C	13,5	1980	1,62	21,9

Удельные энтальпии пара и воды приняты по термодинамическим таблицам. За начало отсчета энтальпии и энтропии жидких продуктов пивоваренного производства принято состояние тройной точки для воды

( $t \square 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Эксергия теплоносителей и продуктов определена как эксергия потока. При определении эксергии значения параметров окружающей среды приняты равными  $p_0 = 1 \text{ бар}$  и  $T_0 = 293,15 \text{ К}$  ( $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ).

Технология производства пива характеризуется небольшим по разнообразию параметров количеством применяемых теплоносителей. Это пар давлением 1,5 бар (до 2,5 бар) и горячая вода в основном с температурой  $80^\circ\text{C}$  и  $60^\circ\text{C}$ . Только в некоторых операциях применяется горячая вода с другой ( $50^\circ\text{C}$ ) или незначительно отличающейся температурой ( $65^\circ\text{C}$  и  $85^\circ\text{C}$ ).

Применение пара одного низкого давления исключает его дросселирование, при котором теряется эксергия. Поэтому вопрос использования эксергии избыточного давления пара отпадает. Однако следует отметить, что при получении пара низкого давления эта эксергия теряется в котле.

Вопросы уменьшения расхода горячей воды являются в большей степени технологическими, а не энергетическими.

Вторичный пар и конденсат греющего пара представляют собой источники тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР). В качестве ВЭР для теплонасосного использования могут рассматриваться вода охлаждения суслу и пива, вода охлаждения конденсаторов холодильных установок, сточная моечная (горячая) вода. Оценка тепловых ВЭР и возможностей их использования является вопросом отдельного рассмотрения.

Большой запас эксергии имеет горячее сусло. Его удельная эксергия заметно выше эксергии холодной и теплой воды, что также позволило широко использовать его для подогрева технологической воды. Однако при строительстве существующих предприятий приоритетными были вопросы уменьшения стоимости оборудования. Более эффективное использование тепла охлаждаемого суслу потребует увеличения теплообменных поверхностей аппаратов. Поэтому здесь может стоять вопрос об оптимальном соотношении между подогревом воды охлаждаемым суслем и ее нагревом паром.

Расход холода на последней стадии охлаждения суслу сильно зависит от температуры, до которой сусло охлаждается водой на предыдущей стадии ( $20 \dots 35^\circ\text{C}$ ). Охлаждение рассолом или ледяной водой требует расхода более качественной и более дорогой электрической энергии. Для уменьшения расхода холода и соответственно электрической энергии необходимо охлаждать сусло водой до более низкой температуры. В то же время получение более низкой температуры предварительного охлаждения требует большей поверхности теплообмена аппаратов (т.е. больших капиталовложений) и возможно больших расходов воды. Поэтому здесь также необходим поиск оптимального соотношения охлаждения обычной водой и холодильной установкой.