

УДК 661.72

Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л., Демирский А.В.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ
МОДЕРНИЗАЦИИ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Экономичность производства спирта определяется затратами различных видов энергии. Поэтому на первый план выходит создание энергосберегающих технологий и, прежде всего, максимальной утилизации тепловой энергии. Процесс производства спирта из крахмалистых материалов (зерно или картофель) предусматривает многократное действие нагрева и охлаждения. В связи с этим правильный подбор высокоэффективного теплообменного оборудования во многом определяет производительность и экономичность процесса в целом. Пластинчатые теплообменники различных типов с успехом применяются в винокуренной и дрожжевой промышленности за рубежом. Опыт их использования показал не только высокую эффективность экономии тепловой энергии, но и надежную, стабильную устойчивую к коррозии работу. При этом в производстве спирта нашли свое применение большинство типов теплообменных аппаратов: традиционные разборные и паяные, разборные ширококанальные, спиральные, пластинчатые испарители и конденсаторы.

Пластинчатые и спиральные теплообменники в противоположность исторически применяемым кожухотрубным или теплообменникам «труба в трубе» обладают целым рядом важнейших преимуществ:

- работа с минимальной разностью температур теплоносителей и более высокий коэффициент теплопередачи
- высокая стойкость к образованию отложений и загрязнений, что позволяет работать без необходимости частых остановок на промывку и техническое обслуживание;
- требуют намного меньше производственных площадей для размещения, монтажа и обслуживания.

Последнее обстоятельство особенно важно в технологической цепочке производства спирта, так как позволяет устанавливать и монтировать теплообменники на уровне вершин дистилляционных колонн.

Процесс получения спирта из крахмалсодержащих материалов, таких как, зерно и картофель подразделяют на четыре основных этапа: предварительная обработка, ферментация, дистилляция и переработка остаточных продуктов. Все эти процессы имеют несколько стадий, на которых происходят процессы подогрева, охлаждения и регенерации теплоты. Все процессы могут обладать различным техническим решением, но их объединяет одно – необходимость использования высокоэффективного теплообменного оборудования.

Предварительная обработка или отделение разваривания и осахаривания сырья, схема которого представлена на рис. 1, состоит из следующих технологических операций: дробление и измельчение сырья; приготовление замеса; разваривание сырья; охлаждение разваренной массы до температуры осахаривания; смешивание разваренной массы с осахаривающими материалами (ферментные препараты, солодовое молоко); осахаривание разваренной массы; охлаждение сусла до начальной температуры брожения (температура «складки»).

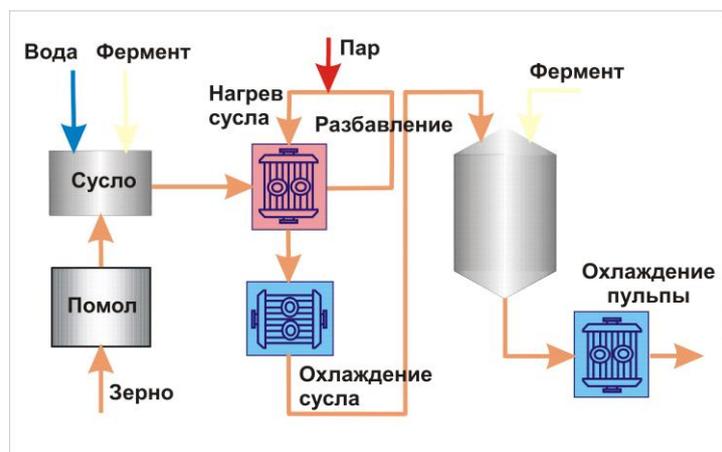


Рисунок 1 – Схема предварительной обработки зерна

На стадии предварительной обработки происходит гидролиз крахмалсодержащего сырья, который производится с нагревом до высокой температуры. Обычно это осуществляется в два этапа. На первом (подваривание) замес подогревают до температуры 90-95 °С, используя для этого экстрапар. При этом во избежание повышения вязкости нагрев осуществляют быстро, в течение 1-2 минут. Обычно измельченное сырье смешивается с водой до содержания сухих веществ в замесе 16-18 %. При этом технологические жидкости на этой стадии обработки содержат примеси в виде волокон, крупных частиц размолотого зерна или инородных тел. Для подогрева или охлаждения таких жидкостей наиболее выгодно использовать спиральные теплообменники, обладающие эффектом самоочистки, рис. 2. Кроме того, в последнее время имеет место тенденция установки на этой позиции ширококанальных теплообменников, которые хорошо себя зарекомендовали при производстве спирта из сахарного тростника и свекловичной мелассы, рис. 2. В традиционной схеме производства охлаждение разваренной массы осуществляется в осаживателе с помощью змеевиков или под вакуумом.



Рисунок 2 – Ширококанальные и спиральные теплообменники в схеме предварительной обработки зерна

Охлаждение сусла до начальной температуры брожения проводят или в теплообменнике типа «труба в трубе» или с помощью установки под вакуумом. Охлаждение под вакуумом позволяет избежать установки громоздких и металлоемких теплообменников «труба в трубе», однако, требует значительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Качественным и аргументированным решением является установка на этой позиции спирального или ширококанального теплообменника.

Необходимо отметить еще два преимущества использования спиральных или ширококанальных теплообменников в схеме предварительной обработки зерна. При использовании традиционного оборудования компоновка осуществляется в двух уровнях, на первом и втором этаже, занимая большие производственные площади. Приме-

нение спиральных или ширококанальных теплообменников позволяет существенно сократить площади, сделать размещение оборудования более компактным. Это позволяет существенно упростить техническое обслуживание и сократить его время.

Другим преимуществом использования спиральных или ширококанальных теплообменников является также минимальная вероятность инфицирования суслу микроорганизмами, что существенно сказывается на качестве спирта и его выходе.

Следующим этапом в производстве спирта является ферментация или сбраживание суслу. Существуют три метода сбраживания суслу: периодический, циклический и непрерывно-поточный. Периодический способ состоит в загрузке сырья и работы по полному сбраживанию загруженного материала. Применяется на мелких маломощных производствах и в промышленных установках не используется. В основном распространены два основных метода – циклический и непрерывно-поточный. Циклический метод сбраживания суслу, представленный на рис.3, предусматривает проведение главного брожения питательной среды в непрерывных, а дображивания – в периодических условиях. Этот способ традиционный, он занимает промежуточное положение между периодическим и непрерывно-поточным способами спиртового брожения. Наиболее эффективным и современным является непрерывно-поточный способ, который повышает производительность бродильного отделения, способствует задерживанию развития инфекции в массе и удлиняет срок работы бродильной батареи между профилактическими стерилизациями оборудования, рис.4.

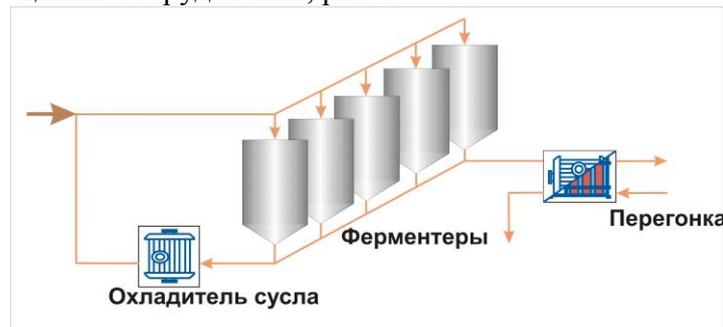


Рисунок 3 – Схема установки теплообменников в процессе циклической ферментации

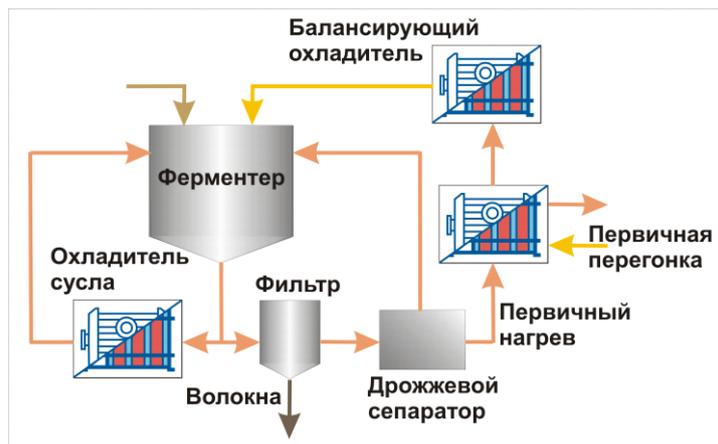


Рисунок 4 – Схема установки теплообменников в процессе непрерывно-поточного метода ферментации

В процессе ферментации в бродильном аппарате (ферментере) происходит выделение тепла. Для обеспечения максимальной производительности установки необходимо охладить субстрат (бражку) до оптимальной температуры, поддерживающей высокую активность дрожжевых клеток. Обычно головные бродильные аппараты и три

последующих дображивателя снабжены змеевиками или выносными теплообменниками (двустенные сосуды) для отвода тепла. В остальных дображивателях охлаждение бражки не производится. Именно на этой позиции целесообразно применение ширококанальных или спиральных теплообменных аппаратов.



Рисунок 5 – Ширококанальный теплообменник AM20S для охлаждения суслу установленный компанией «Содружество-Т» на спиртзаводе г. Борщив (Тернопольская обл.)

Их установка обеспечивает следующие преимущества, в сравнении с традиционными методами охлаждения:

- существенный рост производительности;
- возможность точного контроля температуры реакции в бродильном аппарате и управления температурой;
- один теплообменник может последовательно обслуживать два бродильных аппарата.

Наиболее рационально отводить избыточное тепло путем рециркулирования части дрожжевого суслу через пластинчатый теплообменник, рис.4.

Например, для охлаждения субстрата (бражки) водой очень эффективно установить ширококанальный пластинчатый теплообменник фирмы «Альфа Лаваль» марки AM20S. Для технологического перепада температур по охлаждаемой среде $33^{\circ} \rightarrow 30^{\circ}$, по нагреваемой стороне (вода) $25^{\circ} \rightarrow 29^{\circ}$ данный теплообменник обеспечивает минимальный расход воды при таких малых перепадах температур, рис. 5.

Наиболее сложный и энергоемкий процесс дистилляции или перегонки бражки и ректификации спирта, рис. 6. Зрелая бражка, содержащая 8-10 % спирта, перекачивается в брагоперегонный аппарат. С энергетической точки зрения на этой стадии процесса с помощью пара этанол отделяется от воды, неферментируемых веществ и продуктов вторичной ферментации. Конечный продукт работы брагоперегонного аппарата получение спирта сырца и барды, содержащей все экстрактивные элементы и твердые взвешенные вещества.

На большинстве отечественных спиртовых заводах применяются медные одноходовые вертикальные трубчатые теплообменники, которые используют в качестве конденсаторов, спиртоловушек, холодильников и подогревателей. В качестве дефлегматоров применяются многоходовые горизонтальные трубчатые теплообменники. На всех этих позициях с успехом используются пластинчатые теплообменники (рис. 7). При этом, благодаря своим достоинствам, таким как, малый объем занимаемого пространства, высокая производительность и простота обслуживания, они эффективно и стабильно работают при конденсации спиртового пара из промывных, ректификационных и дегидрационных колонн.

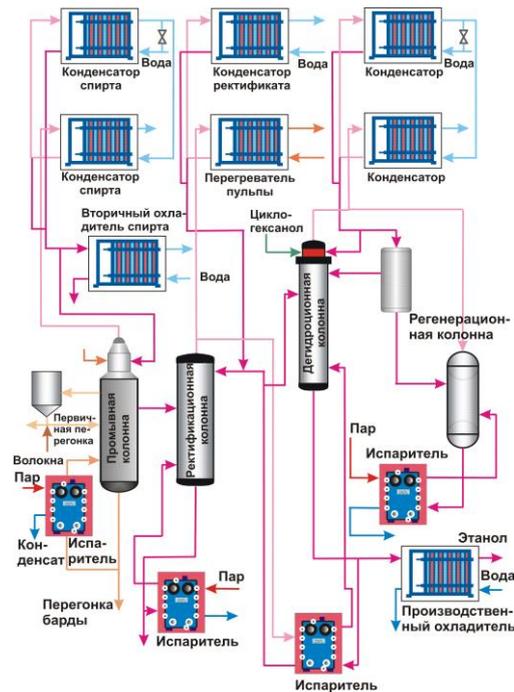


Рисунок 6 – Схема установки теплообменников и испарителей в процессе дистилляции

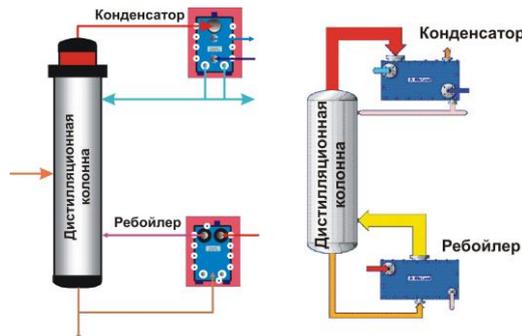


Рисунок 7 – Пластинчатые выпарные аппараты, конденсаторы и компаблки в качестве ребойлеров и конденсаторов дистилляционной колонны

Для охлаждения, конденсации спирта и ректификата, а также перегрева пульпы применяются традиционные разборные или паяные теплообменники. В качестве испарителей также используются пластинчатые выпарные аппараты, обладающие высокой производительностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейского сообщества в рамках проекта DEMACSYS, контракт № ICA2-CT-2001-10005 (INCO-COPERNICUS-2).

Товажнянский Л.Л., Капустенко П.О., Хавін Г.Л., Демірський О.В.

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛОБМІННИХ АПАРАТІВ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Розглянуті питання модернізації підприємств спиртової промисловості з використання сучасного вискоєфективного пластинчастого теплообмінного обладнання. Наведені дані про можливість встановлення апаратів такого класу на усіх стадіях виробництва спирту. Особлива увага приділена використанню різного пластинчастого обладнання на стадіях попередньої обробки сировини і ферментації, особливо ширококаналних пластинчастих апаратів.