

О. В. Бондарчук, В. А. Пашинский
(УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», Минск, Республика Беларусь.
e-mail: guloks82@mail.ru, pashynski@mail.ru)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ ВЫСОКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ

O. V. Bondarchuk, V. A. Pashinsky
(Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus)

INTENSIFICATION OF MALT PRODUCTION PROCESS ELECTRIC FIELD OF HIGH VOLTAGE

Аннотация. В статье приведены результаты расчетов интенсификации процесса производства солода электрическим полем высокой напряженности на пивоваренном предприятии. Установлено, что при данном способе интенсификации происходит увеличение выхода товарного пива на 1,2%.

Ключевые слова: интенсификация, солод.

Abstract. The results of calculations of the intensification of the production of malt by an electric field of high tension at a brewery. It proved that this method of intensification leads to the increase of the output of the commercial beer by 1,2%.

Keywords: intensification, malt.

Технологические расчеты производства пива на высокопроизводительном оборудовании на заводах имеют одно общее направление: технологический процесс, по возможности, должен быть сокращенным, для чего подбирается конкурентоспособное технологическое оборудование и технологические приемы, позволяющие уменьшить длительность процесса. Предлагается способ интенсификации процесса производства солода [1], вследствие чего увеличивается выход товарного пива и сокращаются сроки получения солода.

На пивоваренном предприятии имеется технологическое оборудование для производства солода и пива. Помимо этого, для увеличения выхода товарного пива, внедряем установку для интенсификации процесса производства солода электрическим полем высокой напряженности. В технологический процесс она включается на этапе подготовки пивоваренного ячменя перед солодоращением. Внедрение данной установки позволяет повысить содержание массовой доли экстракта в сухом веществе солода и вследствие этого увеличить

выход конечной продукции – пива, а также сократить сроки получения солода [2].

Для производства солода может быть использован очищенный или неочищенный ячмень. Норма расхода очищенного ячменя на 1 т солода, кг [3]:

$$C_0 = \frac{1000 \cdot (100 - a) \cdot 100}{B(100 - \delta)} = \frac{1000 \cdot (100 - 4,8) \cdot 100}{88 \cdot (100 - 14)} = 1258 \text{ кг}, \quad (1)$$

где a – влажность готового солода – 4,8%; δ – влажность расходуемого ячменя – 14%; B – плановый выход солода в пересчете на сухое вещество – 88%.

Следовательно, в солодовенном цехе на производство 1000 кг солода расходуется 1258 кг очищенного пивоваренного ячменя [4].

Для производства пива в размере 500 тыс. дал в год на предприятии необходимо переработать 1258 тонн ячменя.

Суточный расход зернопродуктов, т:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{год}} a}{n_{\text{мес}}} = \frac{1258 \cdot 0,1}{28,5} = 4,41 \text{ т}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{год}}$ – количество зернопродуктов, перерабатываемых за год, т; a – доля максимального месячного выпуска пива от годового ($a = 0,1$); $n_{\text{мес}}$ – число дней работы в месяце ($n_{\text{мес}} = 28,5$).

Для интенсификации процесса производства солода применяем установку со следующими техническими параметрами: производительность 1,1...1,76 т/ч; потребляемая мощность 1,5...1,7 кВт; допустимая влажность материала 14%; напряжение питания 400 (230) В; частота 50 Гц.

Производительность установки для обработки пивоваренного ячменя в автоматическом режиме, т/ч:

$$q_i = q_0 k_a, \quad (3)$$

где q_0 – производительность установки при стандартном режиме работы, т/ч; k_a – коэффициент, учитывающий применение автоматического регулирования режимами обработки.

$$k_a = \frac{1}{m_{gw}}, \quad (4)$$

где m_{gw} – коэффициент производительности, который можно найти по таблице коэффициентов перевода объема продукции из физических тонн в плановые ($m_{gw} = 0,98$).

$$k_a = \frac{1}{0,98} = 1,02,$$

$$q = 1,76 \cdot 1,02 = 1,8 \text{ т/ч.}$$

Время работы установки, ч/год:

$$\tau_{\delta} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot n_{\text{мес}} \cdot 12}{q_0} = \frac{4,41 \cdot 28,5 \cdot 12}{1,76} = 857 \text{ ч/год.} \quad (5)$$

Действительный фонд времени работы оборудования, ч/год:

$$\tau_{\text{н}} = \tau_{\delta} / k_a = 857 / 1,02 = 840 \text{ ч/год.} \quad (6)$$

Производим расчет выхода товарного пива с применением установки для интенсификации процесса производства солода и без нее.

Исходные данные для расчета объема производства 500 дал пива в год [5]:

выпускаемая продукция – 12%-ное пиво, $e = 12\%$;

масса солода $Q' = 1000 \text{ т}$;

потери при полировке $\Pi_{\text{п}} = 0,5\%$;

потери экстракта $\Pi_{\text{э}}$ равняются 2,7%;

потери суслу $\Pi_{\text{хд}}$ равняются 6%;

потери в отделении главного брожения $\Pi_{\text{б}}$ равняются 2,3%;

потери при дображивании $\Pi_{\text{д}}$ равняются 1%;

потери суслу в отделении дображивания и фильтрования $\Pi_{\text{дф}} = 2,7\%$;

потери товарного пива при розливе в бутылки $\Pi_{\text{р}} = 2\%$;

экстрактивность солода $\mathcal{E}'_{\text{б}} = 78,2\%$ / $\mathcal{E}'_{\text{н}} = 79,1\%$;

влажность $W' = 4,8\%$.

Отходы солода при полировке при данном объеме производства, т:

$$Q_{\text{п}} = Q' \frac{\Pi_{\text{п}}}{100}. \quad (7)$$

Количество полированного солода, т:

$$Q_{п.с} = Q' \frac{100 - \Pi_{п.}}{100}. \quad (8)$$

Количество сухих веществ в солоде, т:

$$Q_{с.в} = Q_{п.с} \frac{100 - W'}{100}. \quad (9)$$

Содержание сухих веществ в солоде, т:

$$Q'_{с.в} = Q_{с.в} \frac{\mathcal{E}'}{100}. \quad (10)$$

Потери экстракта в варочном цехе, т:

$$Q'_{п.э} = Q' \frac{\Pi_{э}}{100}. \quad (11)$$

Количество экстрактивных веществ переходящих в горячее сусло, т:

$$\mathcal{E}_c = Q'_{с.в} - Q'_{п.э}. \quad (12)$$

Масса сусла, т:

$$Q_c = \mathcal{E}_c \frac{100}{e}. \quad (13)$$

Объем сусла при 20 °С, м³:

$$V_c = \frac{Q_c}{d}, \quad (14)$$

где d – плотность сусла при 20 °С (1,04835 кг/л).

Коэффициент объемного расширения при нагревании сусла до 100 °С равен 1,04. С учетом этого коэффициента объем горячего сусла, м³:

$$V_{г.с} = V_c \cdot 1,04. \quad (15)$$

Объем холодного сусла, м³:

$$V_{х.с} = V_{г.с} \frac{100 - \Pi_{хд}}{100}. \quad (16)$$

Объем молодого пива, м³:

$$V_{\text{м.п}} = V_{\text{х.с}} \frac{100 - \Pi_{\text{б}}}{100}. \quad (17)$$

Объем нефильтрованного пива, м³:

$$V_{\text{нф}} = V_{\text{м.п}} \frac{100 - \Pi_{\text{д}}}{100}. \quad (18)$$

Объем фильтрованного пива, м³:

$$V_{\text{ф.п}} = V_{\text{м.п}} \frac{100 - \Pi_{\text{дф}}}{100}. \quad (19)$$

Предполагается, что 100% пива разливается в бутылки. Таким образом, количество товарного пива, м³:

$$V_{\text{т.п}} = V_{\text{ф.п}} \frac{100 - \Pi_{\text{р}}}{100}. \quad (20)$$

Рассчитанные данные сводим в табл. 1.

**1. Данные расчета выхода товарного пива
с применением установки для интенсификации процесса
производства солода и без нее**

Параметр	Без применения установки	С применением установки
Отходы солода при полировке при данном объеме производства, т	5	5
Количество полированного солода, т	995	995
Количество сухих веществ в солоде, т	947,24	947,24
Содержание сухих веществ в солоде, т	740,74	749,27
Потери экстракта в варочном цехе при данном объеме производства, т	27	27
Количество экстрактивных веществ, переходящих в горячее сусло, т	713,74	722,23
Масса сусла, т	5947,84	6018,89
Объем сусла при 20 °С, м ³	5673,532	5741,299
Объем горячего сусла, м ³	5900,473	5970,950
Объем холодного сусла, м ³	5546,445	5612,693

Параметр	Без применения установки	С применением установки
Объем молодого пива, м ³	5418,877	5483,602
Объем нефильтрованного пива, м ³	5364,688	5428,765
Объем фильтрованного пива, м ³	5272,567	5335,544
Объем товарного пива, м ³	5167,116	5228,833

Дополнительный выход товарного пива в год, м³:

$$\Delta V_{\text{т.п}} = V_{\text{т.п.н}} - V_{\text{т.п.б}} = 5228,833 - 5167,116 = 61,717 \text{ м}^3 = 6171,7 \text{ дал.} \quad (21)$$

Учитывая, что годовой объем производства пива 500 тыс. дал, применение установки для интенсификации процесса производства солода позволяет увеличить выход товарного пива на 6171,7 дал, что составляет 1,2% от общего годового объема производства.

Как видно из расчетов, при изменении такого показателя качества солода как экстрактивность, изменяется выход горячего сусле и, соответственно, выход товарного пива. Наши исследования показали, что даже при незначительном увеличении экстрактивности солода, увеличивается выход горячего сусле и, соответственно, товарного пива [6].

Произведя расчеты и оценив риски, авторами представлена графическая зависимость (рис. 1).

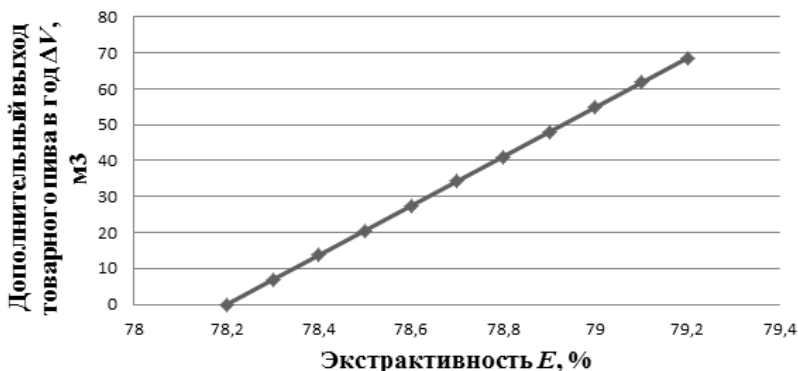


Рис. 1. Величина дополнительного выхода 12%-ного товарного пива в зависимости от экстрактивности солода при объеме производства пива 500 тыс. дал в год с первоначальной экстрактивностью 78,2%

Экономический эффект от внедрения установки для интенсификации процесса производства солода состоит в увеличении выхода товарного пива.

При оценке эффективности не учтено, что сокращается время получения солода [2] и это ускоряет технологический цикл. Аналогичное явление происходит и с показателями: увеличивается энергия прорастания, что, в конечном счете, обеспечивает повышение технологического эффекта и отражается на показателях экономического эффекта и экономической эффективности инвестиций в инновационный проект.

Наряду с экономической целесообразностью предлагаемого проекта модернизации, существует также вполне аргументированно, экологический эффект от применения установки для интенсификации процесса производства солода. Это объясняется такими преимуществами, как отсутствие ингибиторов, ускорителей роста, ферментов.

Список использованных источников

1. Пат. 22032 Респ. Беларусь, МПК С12С 1/02. Способ обработки пивоваренного ячменя в сухом виде / Бондарчук О. В., Пашинский В. А., Бондарь Н. Ф.; заявитель Учреждение образования «Белорусский аграрный технический университет». – № 20160040; заявл. 10.02.2016; опубл. 30.10.2017 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 5. – С. 21.

2. Пашинский, В. А. Влияние обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем на экстрактивность солода / В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь, О. В. Бондарчук // Агропанорама. – 2013. – № 4. – С. 28 – 30.

3. Нормы технологического проектирования предприятий малой мощности пивоваренной промышленности: ВНТП-10М-93 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200031821> (дата доступа : 02.02.2018).

4. Книги для всех [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lib4all.ru/base/B2576/B2576Part44-215.php> (дата обращения : 06.06.2017).

5. Studwood [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studwood.ru/1594146/tovarovedenie/raschyot_produkto (дата обращения : 01.06.2017).

6. Бондарчук, О. В. Применение установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии / О. В. Бондарчук, И. И. Гургенидзе, В. А. Пашинский // Агропанорама. – 2018. – № 3. – С. 14 – 16.