

УДК 663.256.24:663.86

ББК 33.88

Г-17

Галюкова Ми́ра Ки́мовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств Майкопского государственного технологического университета, 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, т.: (8772)571284;

Могильный Михаи́л Петро́вич, кандидат технических наук, профессор, профессор и заведующий кафедрой технологии продуктов общественного питания, Пятигорского государственного технологического университета, 357500, г. Пятигорск, Промзона, 2, т.: (8793)985687.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БУТЫЛОК ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИВО-БЕЗАЛКОГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (рецензирована)

Выявляются наиболее эффективные способы производства полимерных бутылок на предприятиях пиво-безалкогольной промышленности. Рассматриваются технологии производства полимерных бутылок, а также нормирование полимерных материалов и заготовок для производства ПЭТ-бутылок. Приводятся разработанные авторами методики расчетов требуемого количества оборудования по производству бутылок ПЭТ, необходимого количества бутылок ПЭТ для розлива напитков, а также методики нормирования полимерного сырья и заготовок (преформ).

Ключевые слова: полимерные материалы, выдувные автоматы, роздув, розлив, полиэтилентерефталат (ПЭТ), полихлорвинил (ПВХ), полиэтилен (ПЭ), преформа (заготовка).

Galyukova Mira Kimovna, Candidate Of Technical Sciences, assistant professor of the department of machine and equipment technology for food industry of Maikop State Technological University, 385000, The Republic of Adygea, Maikop, 191 Pervomayskaya St., tel.: (8772) 571284;

Mogilny Mikhail Petrovich, Candidate Of Technical Sciences, professor, professor and head of the Department of Technology of Products Catering, Pyatigorsk State Technological University, 357500, Pyatigorsk, 2 Industrial Zone, tel.: (8793) 985687.

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF POLYMERIC BOTTLES IN BEER AND SOFT DRINK INDUSTRY

The most effective ways of producing polymer bottles for beer companies and soft drink industry have been identified. The technology of polymer bottles production, as well as normalization of polymeric materials and blanks for the production of PET bottles have been considered. Methods developed by the authors calculation of the required number of equipment for the production of PET bottles, the required number of PET bottles for bottling beverages, as well as methods of valuation of the polymer materials and blanks (preforms) have been presented.

Keywords: polymer materials, blowing machines, blowing out, bottling, polyethylene terephthalate (PET), polyvinyl chloride (PVC), polyethylene (PE), preforms (billets).

Технологии производства бутылок из полимерных материалов непосредственно на предприятиях пиво-безалкогольной промышленности

В цехах по розливу пива, безалкогольных напитков и минеральных вод, а также бутылочных квасов и товарных сиропов рекомендуется включать оборудование по производству бутылок из полимерных материалов в общую технологическую цепочку линии розлива, чтобы к фасовочно-укупорочной машине для розлива напитка подходила еще до конца не остывшая бутылка. Это позволит предприятию:

- не иметь обширных складов тары;
- избежать такой операции, как мойка (шприцевание) бутылок, потому- что в формах для первичного раздува бутылки имеют температуру $200 \pm 100^\circ\text{C}$, что способствует гибели всех болезнетворных микроорганизмов;
- обеспечить ритмичную работу линий розлива и предотвратить простои из-за несвоевременных поставок бутылок со специализированных предприятий.

В производстве бутылок из полимерных материалов используются две технологические схемы:

- 1) технологическая схема формирования бутылок из готовых заготовок (преформ);
- 2) технологическая схема формирования бутылок из гранулированных полимеров.

1. Технология формирования бутылок из преформ

Цилиндрические заготовки для раздутия бутылок из полимерных материалов (ПЭТ, ПЭ, ПВХ и др.) – преформы – поступают в производство в герметичных мешках и хранятся на складе преформ (рис. 1).

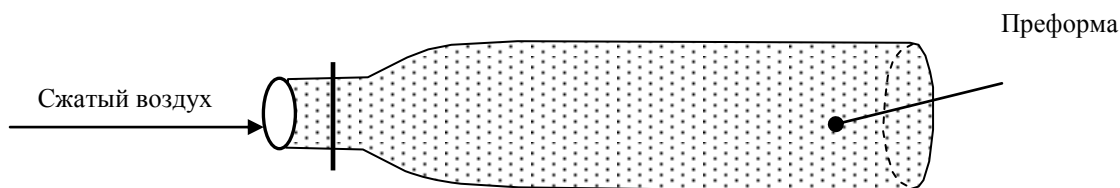


Рис. 1. Заготовка для раздува полимерных бутылок (преформы)

Мешки с преформами вскрываются и преформы выгружаются в дозировочный блок автомата выдува полимерных бутылок.

В дозировочном блоке происходит проверка горлышка каждой преформы. Бракованные преформы отфильтровываются. Прошедшие проверку преформы подаются дозировщиком на движущиеся столики. Столики движутся через туннель, где преформы, вращаясь, нагреваются до температуры 100-105⁰С. Нагрев производится инфракрасными галогеновыми лампами. После нагрева преформы поступают в многоместную прессформу для раздува. В прессформе происходит одновременный раздув сжатым воздухом нескольких бутылок, после чего выбрасывающее устройство удаляет из выдувного автомата на конвейер готовые полимерные бутылки.

Весь производственный цикл (от захвата наваленных преформ дозировщиком и подачи их в выдувной автомат до выброса готовых полимерных бутылок) происходит полностью автоматически.

Оператор производит визуальный контроль качества готовых бутылок.

Неполное оформление бутылки, трещины, «гофра», масляные пятна, пригар, грязь на поверхности бутылок, облой на горлышке бутылок, расслоение материала, воздушные пузырьки в материале бутылки не допускаются.

Прошедшие визуальный контроль качества готовые бутылки поступают в ориентатор (бункер-накопитель), где происходит ориентация бутылок горлышком вверх и синхронизация подачи бутылок с работой линии розлива, и далее на розлив – к фасовочно-укупорочной машине.

Забракованные преформы и бутылки поступают на специализированные предприятия в качестве сырья для производства вторичной крошки.

Полимерные бутылки из преформ производятся на оборудовании таких известных в России фирм, как «Сидель», ADC (Франция), «Крупп Каутекс» (Германия) и ряда других. Производительность такого оборудования в зависимости от его типа для бутылок емкостью 0,2-4 л может колебаться в пределах от 1100 до 3600 шт. в час.

2. Технологическая схема формирования бутылок непосредственно из гранулированных полимеров

Гранулированный полимерный материал, расфасованный в бумажные или пластиковые мешки стандартного веса по 25 кг, автотранспортом подается на склад гранулята участка по роздуву бутылок.

Как правило, полимерный гранулят поставляется неокрашенным. В настоящее время практически все полимерные бутылки окрашены в различные оттенки голубого, салатного, синего, фиолетового, коричневого (только для пива или кваса) цветов.

В производственных условиях окрашивание полимерного гранулята производится порошкообразными фталоцианиновыми, «пищевыми» красителями непосредственно в бункер-питателе выдувного агрегата. Расчетное количество красителя вручную вносится в гранулят и перемешивается с гранулятом деревянным веслом.

На крупных предприятиях окрашивание гранулята возможно производить в смесителях типа «пьяная бочка» непосредственно перед загрузкой гранулята в выдувной агрегат.

Далее, мешки с неокрашенным полимерным гранулятом на ручной тележке транспортируют к бункерной сушилке. Из вскрытых мешков по пневмозагрузчику гранулят поступает в бункерную сушилку, где сушится при температуре 50-55⁰С в течение часа.

Необходимость сушки гранулята опытные литейщики пластмасс определяют довольно своеобразным экспресс-методом: обнаженную по локоть руку суют в мешок с гранулятом и резко вытаскивают. Если на коже руки «залипают» гранулы полимера, материал подлежит сушке, если нет – материал сразу передается на выдувной агрегат.

Многие модели выдувных агрегатов, работающие на грануляте, имеют в комплекте поставки собственные сушилки. Сушка гранулята позволяет избежать появления в стенках бутылок мелких пузырьков водяного пара. Более крупные пузырьки пара приводят к появлению отверстий в стенке бутылки.

Высушенный гранулят самотеком выгружается в пустые мешки или емкости типа ящика или короба и на ручной тележке транспортируется к вертикальному (или горизонтальному) выдувному агрегату, где вручную или с помощью пневмозагрузчика перегружается в бункер-питатель агрегата. Далее непосредственно в бункере-питателе оператор производит окрашивание гранулята расчетным количеством порошкообразного фталоцианинового красителя. Из бункера-питателя окрашенный гранулят поступает в экструдер агрегата.

Окрашенный гранулят расплавляется при температуре 170-220⁰С и продавливается через фильеру, принимая форму тонкостенной трубы, которая режется в размер по длине, образуя цилиндрические трубчатые заготовки для роздува бутылок (рис. 2).

Механизм транспортировки агрегата захватывает цилиндрические заготовки и подает их в многоместную раскрытую прессформу для первичного роздува, где под давлением сжатого воздуха происходит формование нескольких бутылок одновременно. После первичного роздува находящиеся в прессформе заготовки бутылок охлаждаются с 170-220⁰С до 100-105⁰С.

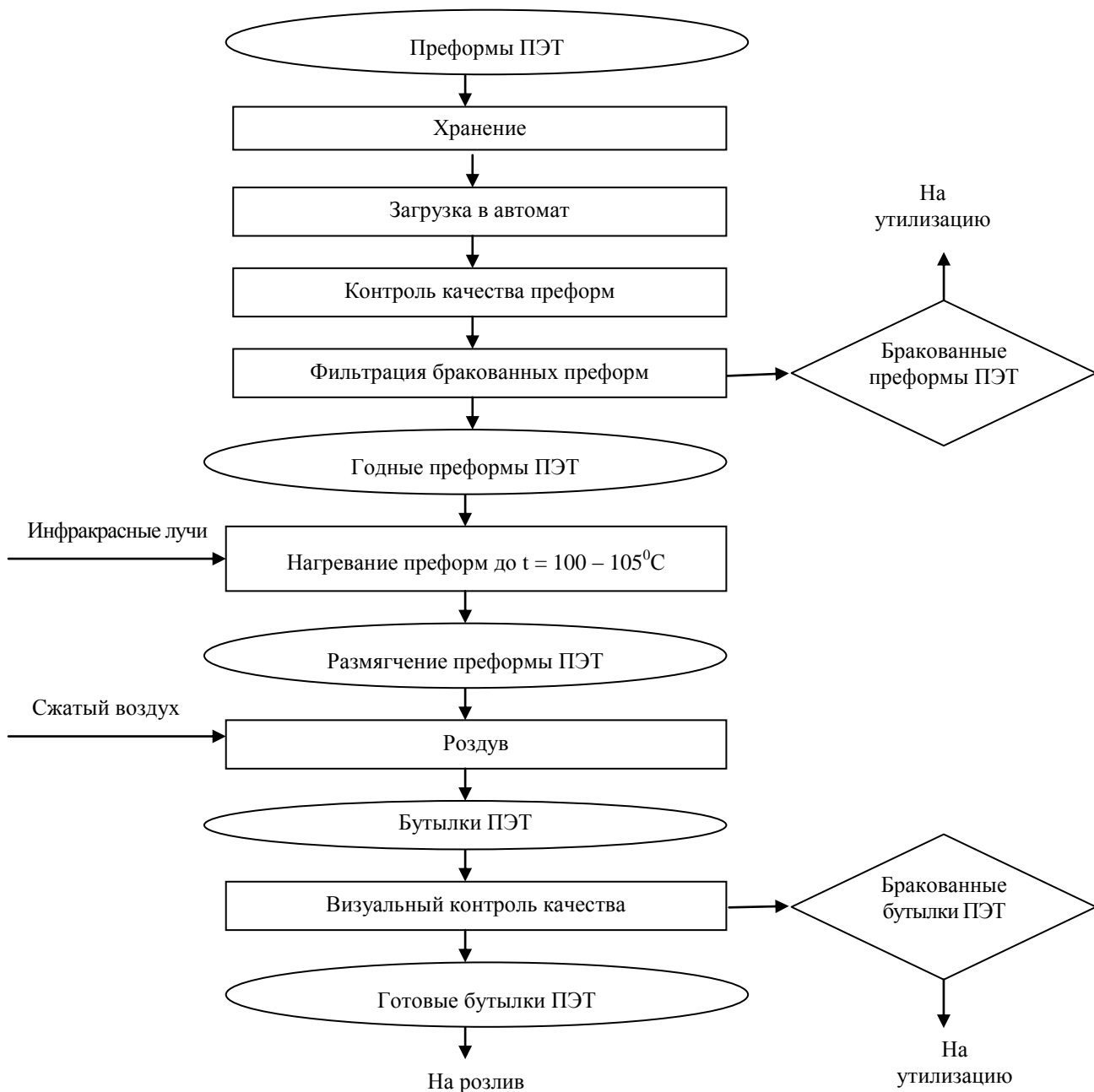


Схема 1. Технологическая схема роздува бутылок ПЭТ из преформ

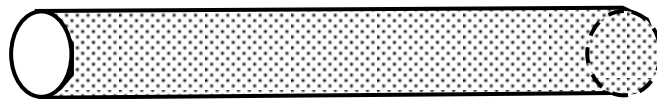


Рис. 2. Трубчатая цилиндрическая заготовка для первичного роздува

Далее, находясь на выдувных «дорнах», заготовки передаются для окончательного формообразования. Затем, пройдя операцию по зачистке горлышек от облоя, готовые бутылки проходят визуальный контроль качества и подаются в ориентатор бутылок, который ориентирует бутылки горлышком вверх и синхронизирует их подачу с работой фасовочно-укупорочной машины. Далее бутылки поступают на розлив.

В производстве бутылок непосредственно из гранулированных полимеров можно использовать оборудование фирм «Бекум», «Крупн Каутекс» (Германия), «Монтек» (Италия), АОКИ и «Ниссей» (Япония), «Урولا» (Испания) и др. [2].

3. Технологические расчеты

При проведении технологических расчетов необходимо учитывать потери на участке роздува бутылок и в цехе розлива при розливе и хранении готовой продукции.

3.1. Определение годового, суточного и сменного выпуска бутылок

Хотя бутылки ПЭТ практически не бьются, согласно нормам технологического проектирования, примем процент потерь напитков (а, следовательно, и бутылок) из-за нарушения герметичности укупорки и по другим причинам равным 2,35%. Годовое количество бутылок, производимое участком роздува ПЭТ-бутылок, равно:

$$N_{\text{гр}} = \frac{G_r \cdot 10 \cdot 100}{(100 - p) \cdot E}, \quad (1)$$

где G_r – годовой выпуск напитков на предприятии, дал/год; 10 – коэффициент перевода дал в л; p – процент потерь напитков при розливе и хранении, $p = 2,35\%$; E – емкость бутылки ПЭТ, л.

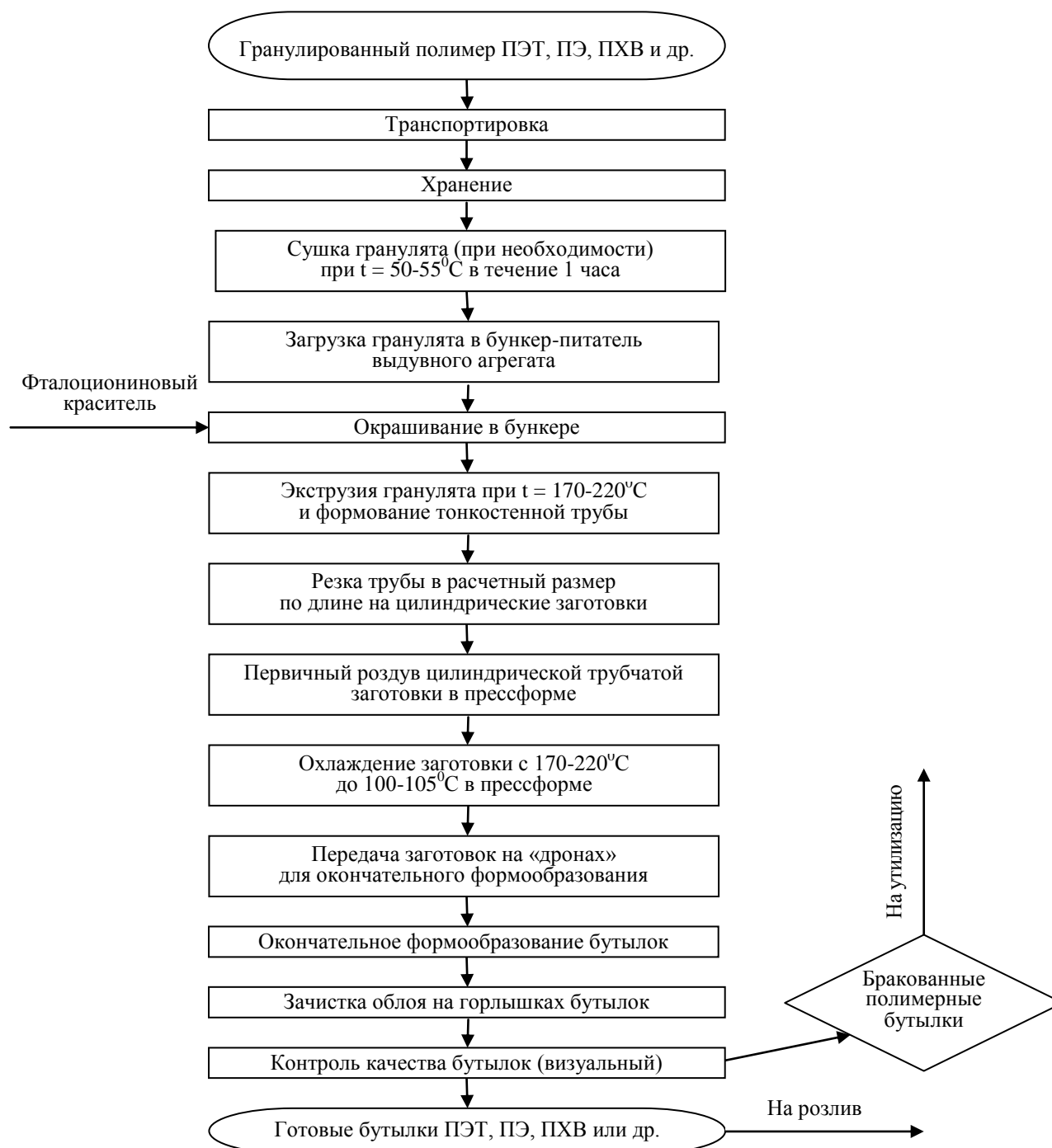


Схема 2. Технологическая схема роздува полимерных бутылок непосредственно из гранулята

Преобразуем выражение $\frac{100}{100-p}$ формулы (1).

Примем $K_1 = \frac{100}{100-p}$;

При $p = 2,35\%$, $K_1 = \frac{100}{100-2,35} = 1,024$.

Отсюда формула (1) примет вид:

$$N_r^{\text{бут}} = \frac{G_r \cdot 10 \cdot K_1^*}{E} \quad (1)$$

где G_r – годовой выпуск напитков на предприятии, дал/год; K_1 – коэффициент, учитывающий потери напитков при розливе и хранении, $K_1 = 1,024$; E – емкость бутылки ПЭТ, л.

Чаще всего для розлива пива, безалкогольных напитков, минеральной воды используются ПЭТ-бутылки емкостью 0,5 л; 1 л; 1,5 л; 2 л.

Пример расчета: Годовой выпуск минеральной воды «Майкопская» на предприятии $G_r = 700\,000$ дал/год. Минеральную воду «Майкопская» разливают в бутылки емкостью $E = 1,5$ л. Годовое количество ПЭТ-бутылок, произведено участком роздува, будет равно

$$N_r^{\text{бут}} = \frac{700000 \cdot 10 \cdot 1,024}{1,5} = 4778667 \text{ бут/год.}$$

Суточное количество ПЭТ-бутылок:

$$N_{\text{сут}}^{\text{бут}} = \frac{G_r \cdot 10 \cdot K_1^*}{E \cdot 238}, \quad (2)$$

где 238 – количество рабочих суток в году согласно нормам технологического проектирования.

$$N_{\text{сут}}^{\text{бут}} = \frac{700000 \cdot 10 \cdot 1,024}{1,5 \cdot 238} = 20078 \text{ бут/сут.}$$

Сменное количество ПЭТ-бутылок:

$$N_{\text{см}}^{\text{бут}} = \frac{G_r \cdot 10 \cdot K_1^*}{E \cdot 323}, \quad (3)$$

где 323 – количество рабочих смен в году согласно нормам технологического проектирования.

$$N_{\text{см}}^{\text{бут}} = \frac{700000 \cdot 10 \cdot 1,024}{1,5 \cdot 323} = 14795 \text{ бут/см.}$$

Примечание: при других значениях числа рабочих суток и смен в году проводить расчеты по их фактическому количеству.

3.2. Определение годового, суточного, сменного количества заготовок (преформ)

Для участка роздува бутылок из полимерных заготовок (преформ) коэффициент потерь определяется по формуле:

$$K_2 = b_1 \cdot b_2^*, \quad (4)$$

где b_1 – коэффициент потерь преформ, зависящий от материала преформ (см. табл. 1); b_2 – коэффициент потерь преформ, зависящий от массы преформ (см. табл. 2).

Согласно ОСТЧ.ГО.050.020 «Нормирование расходов термопластов» [3], коэффициенты b_1 и b_2 выбираем из таблиц 1 и 2.

Таблица 1 - Зависимость коэффициента b_1 от вида полимерного материала

Материалы	Коэффициент b_1
Полиэтилен ПЭ, ПЭНД, ПЭВД	1,02
Сополимер этилена ПЭТ	1,02
Полихлорвинил ПВХ	1,06

Таблица 2 - Зависимость коэффициента b_2 от массы преформы или бутылки

Масса преформы или бутылки, гр	Коэффициент b_2
До 0,5	1,7
От 0,5 до 2	1,5
От 2 до 10	1,3
От 10 до 20	1,2
От 20 до 30	1,1
От 30 до 50	1,05

От 50 до 100	1,09
Свыше 100	1,06

Определим годовое количество преформ по формуле:

$$N_r^{np} = N_r^{бум} \cdot K_2^* \quad (5)$$

Пример расчета:

Для преформ из ПЭТ массой 42 гр.

$$K_2 = b_1 \cdot b_2 = 1,02 \cdot 1,05 = 1,071.$$

$$N_{см}^{np} = N_r^{бум} \cdot K_2 = 4778667 \cdot 1,071 = 5117953 \text{ } np/год.$$

Суточное количество преформ определяем по формуле:

$$N_{сут}^{np} = \frac{N_r^{np}}{238} \quad (6)$$

Пример расчета:

$$N_{сут}^{np} = \frac{51179536}{238} = 21504 \text{ } np/сут.$$

Сменное количество преформ:

$$N_{см}^{np} = \frac{N_r^{np}}{323} \quad (7)$$

Пример расчета:

$$N_{см}^{np} = \frac{54117953}{323} = 15845 \text{ } np/см.$$

3.3. Определение годового, суточного, сменного расхода полимерного материала

Для участка роздува бутылок, использующего в качестве сырья гранулят полимерных материалов, годовой расход полимера определим по формуле:

$$Q_r^{mat} = \frac{N_r^{бум} \cdot M^{бум} \cdot K_2}{1000000}, \quad (8)$$

где Q_r^{mat} – годовой расход полимерного материала, т/год; K_2 – коэффициент потерь материала на участке роздува; $K_2 = b_1 \cdot b_2$; $M^{бум}$ – масса бутылки, гр.

Примечание: бутылки из полимеров емкостью $E = 1,5$ л весят от 30 до 50 гр.

Принимаем расчетную массу бутылки емкостью $E = 1,5$ л $M^{бум} = 40$ гр.

100 0000 – коэффициент перевода грамм в тонны.

Пример расчета:

Для бутылок из ПХВ $K_2 = 1,06 \cdot 1,05 = 1,113$;

$$Q_r^{mat} = \frac{4778667 \cdot 40 \cdot 1,113}{1000000} = 212,746 \text{ } m/год.$$

Суточный расход полимера:

$$Q_{сут}^{mat} = \frac{Q_r^{mat}}{238} \quad (9)$$

$$Q_{сут}^{mat} = \frac{212,746}{238} = 0,894 \text{ } m/сут.$$

Сменный расход полимера:

$$Q_{см}^{mat} = \frac{Q_r^{mat}}{323} \quad (10)$$

$$Q_{см}^{mat} = \frac{212,746}{323} = 0,659 \text{ } m/см.$$

3.4. Определение количества выдувных автоматов участка роздува полимерных бутылок

3.4.1. Определение количества выдувных автоматов для участка роздува, работающих на преформах

$$n = \frac{N_{см}^{np} \cdot K_{зан}}{\tau \cdot q} + 1 \text{ } \text{запасной}^* \quad (11)$$

где $N_{см}^{np}$ – сменное количество преформ, пр/см.; K – коэффициент запаса; принимаем $K_{зан} = 1,25$; τ – продолжительность смены, $\tau = 8$ ч; q – производительность выдувного автомата, бут/ч (принимается по паспортным данным автомата)

Примечание: формула (11) используется для определения количества выдувных автоматов, если на предприятии имеется только одна линия розлива.

Если имеется несколько линий розлива, то число выдувных автоматов равно:

$$n = z \cdot \left(\frac{N_{\text{см}}^{\text{ип}} \cdot K_{\text{зан}}}{\tau \cdot q \cdot z} + 1 \text{ запасной} \right)^* \quad (12)$$

где z – число линий розлива на предприятии.

Пример расчета:

$$N_{\text{см}}^{\text{ип}} = 15845 \text{ нп/см}; \quad K_{\text{зан}} = 1,25; \quad \tau = 8 \text{ ч}; \quad q = 1000 \text{ бум/ч.}$$

Количество выдувных автоматов на участке розлива полимерных бутылок $n = \frac{15845 \cdot 1,25}{8 \cdot 1000} + 1 = 3 + 1 = 4$,

при наличии на предприятии только одной линии розлива.

Предположим, на предприятии имеются ($z = 3$) три линии розлива.

Тогда, количество выдувных автоматов на участке розлива будет равно:

$$n = 3 \cdot \left(\frac{15845 \cdot 1,25}{8 \cdot 1000 \cdot 3} + 1 \right) = 3 \cdot (1 + 1) = 6.$$

3.4.2. Определение количества выдувных агрегатов для участка розлива, работающих на грануляте полимерных материалов

$$n = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{мат}} \cdot K_{\text{зан}}}{\tau \cdot q} + 1 \text{ запасной}^* \quad (13)$$

где $Q_{\text{см}}^{\text{мат}}$ – сменный расход полимерных материалов, кг/см; K – коэффициент запаса; принимаем $K_{\text{зан}} = 1,25$; τ – продолжительность смены; $\tau = 8 \text{ ч}$; q – производительность выдувного агрегата, кг/ч (принимается по паспортным данным).

Примечание: формула (13) используется для определения количества выдувных агрегатов, если на предприятии имеется только одна линия розлива.

Если имеется несколько линий розлива, то число выдувных агрегатов равно:

$$n = z \cdot \left(\frac{Q_{\text{см}}^{\text{мат}} \cdot K_{\text{зан}}}{\tau \cdot q \cdot z} + 1 \text{ запасной} \right)^* \quad (13)$$

где z – число линий розлива на предприятии.

Пример расчета:

$$Q_{\text{см}}^{\text{мат}} = 0,659 \text{ м/см} = 659 \text{ кг/см}; \quad K_{\text{зан}} = 1,25; \quad \tau = 8 \text{ ч}; \quad q = 50 \text{ кг/ч.}$$

$n = \frac{659 \cdot 1,25}{8 \cdot 50} + 1 = 3$ (при наличии на предприятии только одной линии розлива). При наличии

предприятия двух линий розлива ($z = 2$) число выдувных агрегатов на участке равно:

$$n = 2 \cdot \left(\frac{659 \cdot 1,25}{8 \cdot 50 \cdot 2} + 1 \right) = 2 \cdot (1 + 1) = 4.$$

На основании вышеизложенного делаем следующие выводы:

Предложенные авторами методики расчета полимерных бутылок, преформ, гранулированных полимеров и оборудования по розливу полимерных бутылок позволяют предпринимателям и специалистам пиво-безалкогольной промышленности, а также аспирантам и студентам по технологическим специальностям, не только ознакомиться с технологией производства бутылок из полимерных материалов, но и свободно проводить необходимые в производстве полимерной тары технологические расчеты.

Наши расчетные формулы также возможно использовать для технологических расчетов в производстве упаковки других пищевых и непищевых жидкостей.

Литература:

1. Орлов Г. Бутылки из полимерных материалов – во благо или во вред? // Тара и упаковка. 1995. №4. С. 38-39.
2. ТИ 10-40610205-130-06. Технологическая инструкции по производству безалкогольных напитков.
3. Отраслевой стандарт «Нормирование расхода термопластов» ОСТЧ.ГО.050.020.

Примечание: формулы со * являются оригинальными, разработанные авторами.