

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ

**Мартынова Д.В., Мартынов Н.Н., Бочкарева И.А., Панов Е.И.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

В последнее время повышенный интерес начинают вызывать биополимеры, представляющие собой особый класс полимерных материалов. Они рассматриваются как дополнение и отчасти альтернатива традиционным полимерным материалам, как логичный и необходимый шаг для успешного развития современной и ориентированной на будущее индустрии пластмасс.

Как известно, среди биополимеров различают полимеры, полученные на основе возобновляемого растительного сырья, и полимеры, способные к биоразложению. Развитие производства как получаемых на биологической основе, так и биоразлагающихся полимеров уже невозможно остановить. Уже сейчас биополимеры во многих областях представляют собой серьезную альтернативу традиционным полимерным материалам [3].

Метод экструзионной обработки полимеров относится к одному из самых популярных методов.

Экструдеры являются наиболее перспективными и широко распространенными, так как в них наряду с процессами смешивания (гомогенизации) протекают процессы диспергирования, обезвоживания, дегазации, пластификации [1].

Вместе с тем, одношнековые прессующие механизмы являются одними из самых энергоемких технологических объектов. Особенностью пресс-экструдеров является сложность и разнообразие процессов обработки биополимеров.

В связи с вышесказанным целью исследования являлось:

- разработка энерго – и ресурсосберегающей конструкции одношнекового пресса-экструдера с изменяющимися параметрами шнека;
- определение экономических параметров процесса экструдирования биополимеров на разработанном пресс-экструдере.

Экструдирование биополимеров проводили на разработанном на ФПП шнековом прессе - экструдере, дополненном шнеком, конструкция которого обеспечивает возможность регулирования скорости подачи материала в зону сжатия, за счет регулирования угла наклона витков шнека.

Схема установки представлена на рисунке 1

Конструкция рабочего органа пресс-экструдера была изменена следующим образом: витки в зоне загрузки и транспортирования были выполнены с возможностью осевого перемещения, посредством вращения резьбового вала приводного механизма, расположенного в теле шнека, на котором расположены втулки с установленными пальцами, соединенными с витками шнека и совершающими движение по направляющим, выполненным также в теле шнека.

Прессе - экструдер работает следующим образом. Исходный продукт под воздействием вращающихся витков 7 шнека 6 перемещается в зону сжатия. После сжимания, продукт поступает в зону гомогенизации, где происходит превращение размягченных частиц в однородный расплав. Затем продукт попадает в зону формования и продавливается через формующую головку 5 [4].

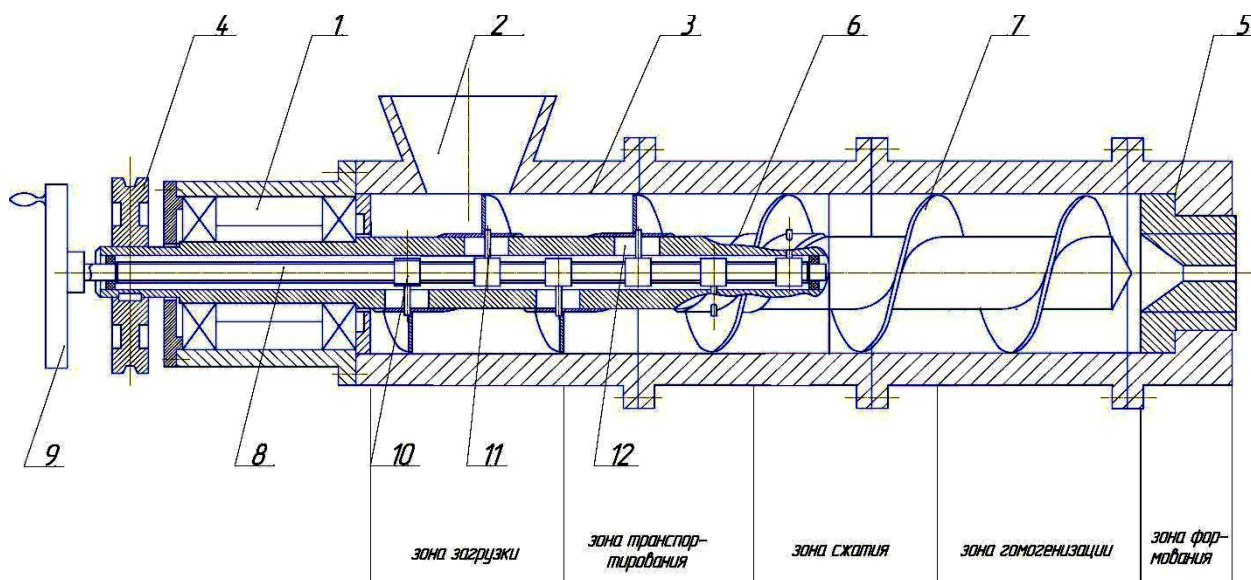


Рисунок 1–Конструкция одношнекового пресс-экструдера:

1 – подшипниковый узел, 2 – загрузочная воронка, 3 – разъемные корпуса шнековой камеры, 4 – привод, 5 – формующая головка, 6 – шнек, 7 – витки шнека, 8 – резьбовой вал, 9 – приводной механизм, 10 – втулки с установленными пальцами 11, 12 – направляющие.

В работе были проведены испытания, направленные на изучение эффективности экструдирования биополимеров. Для экструдирования была взята зерновая смесь в составе ячменя – 70%, пшеницы – 10%, овса – 19% и соли – 1%, так как зерно представляет собой сложный биополимер и является наиболее доступным и удобным сырьем для исследования.

Производительность экструдера определялась путем взвешивания готового продукта на выходе из экструдера.

Затраты энергии на осуществление экструдирования определяли ваттметром. Удельные затраты энергии определяли, по формуле[2]:

$$v_{3Э} = \frac{\sum N_i}{Q} \quad (1)$$

где N_i - измеряемая мощность для каждого процесса, Вт;

Q - производительность установки, кг/ч.

Производство осуществляли на ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» (г. Оренбург) по двум технологиям: традиционной, в основе которой лежит применение линии экструдирования с экструдером традиционной конструкции и предложенной авторами, в основе которой лежит применение линии экструдирования с измененной конструкцией пресс-экструдера.

Параметры процесса производства зерносмеси приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры процесса производства зерносмеси

| № п/п | Наименование параметров технологического процесса | Вид производства | |
|-------|--|--|---|
| | | На пресс-экструдере традиционной конструкции | На разработанной конструкции пресс-экструдера |
| 1 | Производительность, кг/ч | 310 | 360 |
| 2 | Расход электроэнергии, кВт/ч | 10,5 | 10 |
| 3 | Расход воды на 1 т. зерносмеси, л | 300 | 300 |
| 4 | Влажность пшеницы, % | 14 | 14 |
| 5 | Влажность ячменя, % | 14,5 | 14,5 |
| 6 | Влажность овса, % | 13,5 | 13,5 |
| 7 | Закладка соли на 100 кг зернового сырья, кг | 1 | 1 |
| 8 | Влажность соли, % | 3,5 | 3,5 |
| 9 | Потери при измельчении зерносмеси, % | 0,1 | 0,05 |
| 10 | Потери при экструдировании зерносмеси, % | 0,2 | 0,1 |
| 11 | Потери солевого раствора, % | 0,5 | 0,5 |
| 12 | Влажность материала подвергаемого измельчению и экструдированию, % | 16 | 20 |
| 13 | Влажность готового продукта, % | 10 | 10 |
| 14 | Потери при упаковке, % | 1 | 1 |
| 15 | Выход готовой продукции, кг/ч | 308,9 | 370,1 |
| 16 | Расход мешков на 100 кг готовой продукции, шт. | 0,5 | 0,5 |

Для условий ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» (г. Оренбург) рабочий период предприятия составляет 236 рабочих дней в году; предприятие в состоянии реализовать всю производимую продукцию.

Суточная мощность производства экструдирования зерносмеси при 8 часовой работе цеха составит 2480 кг (из них 248 кг – пшеницы, 1736 кг – ячменя, 471,2 кг – овса и 24,8 кг - соли) для традиционной технологии или 2880 кг (из них 288 кг – пшеницы, 2016 кг – ячменя, 547,2 кг – овса и 28,8 кг соли)

экструдированной зернсмеси произведенной по предлагаемой технологии. Плановая численность работающих составляет 4 человека, из которых рабочих – 3 человек, ИТР – 1 человек. При перепрофилировании цеха необходимо изготовление шнека для пресс-экструдера (ориентировочные затраты 50 тыс. руб. в ценах на 30.03.15 г.). Стоимость остального оборудования, из которого состоит линия, составляет 1500 тыс. руб. (балансовая стоимость на 30.03.2015 г.). Расчет произведен в ценах на 30.03.2015 г.

Расчет себестоимости продукции:

Затраты на сырье:

а) для традиционной технологии:

Зерно пшеницы: годовая потребность – $236*248 = 58528$ кг = 58,528 т; стоимость 1т – 7 тыс. руб. С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $58,528*7*(100-3)/100 = 397,4$ тыс. руб.

Зерно ячменя: годовая потребность – $236*1736 = 409696$ кг = 409,696 т; стоимость 1т – 5 тыс. руб. С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $409,696*5*(100-3)/100 = 1987$ тыс. руб.

Зерно овса: годовая потребность – $236*471,2 = 111203$ кг = 111,203 т; стоимость 1т – 4 тыс. руб. С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $10,838*4*(100-3)/100 = 431,46$ тыс. руб.

Дополнительное сырье:

- Соль: годовая потребность – $(58,528+409,696+111,203)*1/100 = 5,8$ т; стоимость 1 т. – 10 тыс. руб.;

С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $4,8 *10*(100-3)/100 = 56,2$ тыс. руб.

Всего затрат на сырье: $397,4+1987+431,46+56,2= 2872,06$ тыс. руб. в год.

б) для предлагаемой технологии:

Зерно пшеницы: годовая потребность – $236*288 = 67968$ кг = 67,968 т; стоимость 1т – 7 тыс. руб. С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $67,968*7*(100-3)/100 = 461,5$ тыс. руб.

Зерно ячменя: годовая потребность – $236*2016 = 475776$ кг = 475,776 т; стоимость 1т – 5 тыс. руб. С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $475,776*5*(100-3)/100 = 2307,5$ тыс. руб.

Зерно овса: годовая потребность – $236*547,2 = 129139,2$ кг = 129,139 т; стоимость 1т – 4 тыс. руб. С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $129,139*4*(100-3)/100 = 501,06$ тыс. руб.

Дополнительное сырье:

- Соль: годовая потребность – $(67,968+475,776+129,139)*1/100 = 6,7$ т; стоимость 1 т. – 10 тыс. руб.;

С учетом транспортно-заготовительных расходов (ТЗР=3%) затраты на зерно пшеницы составят $6,7 \cdot 10 \cdot (100-3)/100 = 65,3$ тыс. руб.

Всего затраты на сырье: $461,5+2307,5+501,06+65,3=3335,4$ тыс. руб. в год.

Заработная плата и отчисления на социальное страхование

Годовой фонд заработной платы при осуществлении традиционной и предлагаемой технологии составляет:

$100 \text{ тыс. руб.} \times 12 \text{ мес.} = 1200 \text{ тыс. руб.}$

Отчисления на социальное страхование (36 %) - 432 тыс. руб.

Итого: $1200 + 432 = 1632$ тыс. руб. в год.

Амортизация

а) для традиционной технологии:

Стоимость оборудования 1500 тыс. руб. Амортизация оборудования (12 %) составляет 180 тыс. руб.

Амортизация производственного помещения - 120 тыс. руб.

Итого: $180+120 = 300$ тыс. руб.

б) для предлагаемой технологии:

Стоимость оборудования $1500 + 50 = 1550$ тыс. руб. Амортизация оборудования (12 %) составляет 186 тыс. руб.

Амортизация производственного помещения - 120 тыс. руб.

Итого: $186+120 = 306$ тыс. руб.

Расход воды

а) Для традиционной технологии:

расход воды для производства 1т зерносмеси составляет 300 л. Годовая потребность воды для цеха составит $236 \cdot 2480 \cdot 300 / 1000 = 1755845$ л = $175,584 \text{ м}^3$; цена за $1 \text{ м}^3 - 30$ руб.

Годовая стоимость воды составляет $175,584 \cdot 30 / 1000 = 5,27$ тыс. руб. в год.

б) Для предлагаемой технологии:

расход воды для производства 1000 кг зерносмеси составляет 300 л. Годовая потребность воды для цеха составит $236 \cdot 2480 \cdot 300 / 1000 = 1755845$ л = $175,584 \text{ м}^3$; цена за $1 \text{ м}^3 - 30$ руб.

Годовая стоимость воды составляет $175,584 \cdot 30 / 1000 = 5,27$ тыс. руб. в год.

Расход электроэнергии

а) Для традиционной технологии:

годовой расход электроэнергии для производства зерносмеси составит $236 \cdot 10,5 \cdot 8 = 19824$ кВт.

Тариф за 1 кВт электроэнергии – 2,5 руб.

Стоимость электроэнергии составит 49,56 тыс. руб. в год.

б) Для разработанной технологии:

годовой расход электроэнергии для производства зерносмеси составит $236 \cdot 10 \cdot 8 = 18800$ кВт.

Тариф за 1 кВт электроэнергии – 2,5 руб.

Стоимость электроэнергии составит 47,2 тыс. руб. в год.

Итого затрат на производство зерносмеси:

а) по традиционной технологии:

$2872,06 + 1632 + 300 + 5,27 + 49,56 = 4858,89$ тыс. руб. в год.

б) по предлагаемой технологии:

$3335,4 + 1632 + 306 + 5,27 + 47,2 = 5325,87$ тыс. руб. в год.

б) Себестоимость 1 т. зерносмеси:

а) для традиционной технологии – $4858,89 / (236 * 2,48) = 8,3$ тыс. руб.

б) для предлагаемой технологии – $5325,87 / (236 * 2,88) = 7,8$ тыс. руб.

Годовая стоимость продукции:

а) для традиционной технологии:

цена готовой продукции – 800 руб/шт или 16 руб/кг (1 мешок весит 50 кг)

годовая стоимость продукции: $236 * 308,9 * 8 * 16 = 9331251,2$ руб = 9331,251 тыс.руб

б) для предлагаемой технологии:

цена готовой продукции – 800 руб/ или 16 руб/кг (1 мешок весит 50 кг)

годовая стоимость продукции: $16 * 236 * 370,1 * 8 = 11179980,8$ руб = 11179,980 тыс.руб

Прибыль составляет:

а) для традиционной технологии $9331,251 - 4858,89 = 4472,361$ тыс. руб. в год.

б) для предлагаемой технологии $11179,980 - 5325,87 = 5854,11$ тыс.руб. в год.

Рентабельность продукции:

а) для традиционной технологии $(4472,361 / 9331,251) * 100 = 47,9$ %;

б) для предлагаемой технологии $(5854,11 / 11179,980) * 100 = 52,4$ %.

Срок окупаемости:

а) для традиционной технологии $1500 / 4472,361 = 0,33$ года;

б) для предлагаемой технологии $1550 / 5854,11 = 0,26$ года.

Затраты на один руб. товарной продукции:

а) для традиционной технологии $4858,89 / 4472,361 = 1,08$ руб.;

б) для предлагаемой технологии $5325,87 / 5854,11 = 0,91$ руб.

Таким образом, использование разработанной технологии, вместо традиционной на предприятии позволит:

- увеличить прибыль на $5854,11 - 4472,361 = 1381,749$ тыс. руб.;

- увеличить рентабельность продукции на $52,4 - 47,9 = 4,5$ %;

- снизить срок окупаемости на $0,33 - 0,26 = 0,07$ года;

- снизить затраты на один руб. товарной продукции на $1,08 - 0,91 = 0,17$ руб.

Список литературы

1. Кишкилев, С.В. Исследование переработки зернового сырья на технологической линии при применении криогенных технологий [Электронный ресурс] / С.В. Кишкилев и др. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием); Оренбургский гос.

ун-т. - Оренбург: ООО ИПК "Университет", 2015. – С. 939-947. – CD-R. ISBN 978-5-7410-1180-5

2. Коротков В.Г. Влияние шоковой заморозки на качество и энергоёмкость процесса измельчения зернового сырья и вторичных материальных ресурсов пищевых производств различными типами измельчителей / В.Г. Коротков, С.В. Кишкилев, Н.Н. Мартынов, Д.В. Мартынова, Е.И. Панов // *Материалы III международной научно-практической конференции «Технические науки - от теории к практике» №11 (47)*. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2015. – С. 193-202. ISBN 2308-5991

3. Попов В.П. Определение оптимальной влажности исходной смеси для производства экструдированных кормов на основе подсолнечной лузги / Попов В.П., Коротков В.Г., Антимонов С.В., Кишкилев С.В. // *Материалы IX международной научно-практической конференции «Найновите научни постижения» 17.03.2013-25.03.2013 г.*, София Республика Болгария, Publishing House «Education and Science»s.r.o. 2013 г, С.29-32 ISBN 978-966-8736-05-6

4. Тимофеева Д.В. Исследование преобразования структурно-механических свойств и химического состава белково-крахмало-клетчаткосодержащего сырья в канале одношнекового пресс-экструдера [Текст] / Д.В. Тимофеева, С.В. Кишкилев, В.П. Попов, Н.Н. Мартынов // *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием)*; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2015. С. 1007-1013. ISBN 978-5-4417-0161-7.