

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАСЛОПРЕССА НА ЕГО КАЧЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Максим Гудзенко

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15*

Maksym Gudzenko

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных исследований маслоотжимных двухшнековых пресс-экструдеров. Обоснованы рациональные технологические параметры маслопресса (температура обогрева корпуса и площадь отверстий для отвода жмыха) и влияние их на его качественные и технические показатели.

Ключевые слова: растительное масло, рапс, шнековый пресс, двухвинтовой пресс-экструдер, температура обогрева корпуса, производительность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последнее время все более широкое применение находят альтернативные биотоплива на основе растительных масел. К таким топливам принадлежит биодизельное топливо, которое являет собой метиловые и этиловые эфиры растительных масел, наиболее распространенным из которых является рапсовое масло [1]. Растительные масла могут использоваться как жидкое биотопливо для дизельных двигателей в переработанной или переработанной к так называемым эфирам формам [2, 3]. Начальные этапы производства дизельного биотоплива соответствуют традиционным этапам получения растительных масел пищевого и технического назначения.

Прессование – основная технологическая операция извлечения масла механическим способом. В сельскохозяйственных перерабатывающих предприятиях производство растительного масла осуществляется по упрощенным технологическим схемам [4]. Поэтому линии получения растительного масла состоят из небольшого количества машин. Однако в них часто используют неоправданно энергоемкие машины, которые

потребляют значительную часть электроэнергии.

Определенное преимущество на территории постсоветских стран среди маслопрессов, начиная с середины 90-х годов XX века, получили двухшнековые пресс-экструдеры. Использование двухшнековых пресс-экструдеров в линиях производства растительного масла позволяет существенно упростить технологию переработки семян масличных культур за счет совмещения операций тепловой обработки, измельчения, формирования (гранулирования) жмыха и отжима растительного масла в одном прессе. Соответственно, количество технологического оборудования линии можно сократить (отпадает необходимость использования вспомогательного оборудования для подготовки семян масличных культур: рушки, вальцовые станки, жаровни), что безусловно выгодно при малых объемах переработки сырья. Двухшнековыми пресс-экструдерами чаще отжимают масло необрушенных семян масличных культур, реже обрушенных.

Использование экструдерной техники в перерабатывающих отраслях позволяет получить высокоэффективные мощности различной производительности [5]. Таким образом, используя этот пресс, можно создать минимаслозавод [6].

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На глубину отжима и качественные показатели масла и жмыха существенно влияет температура самого процесса прессования [7, 8]. В маслоотжимных экструзионных прессах тепло играет важную роль. Под воздействием температуры отжимаемый материал меняет свои физико-механические свойства,

меняет вязкость масла и поэтому повышенная температура материала в той или иной мере оказывает на процесс маслоотделения существенное влияние [9].

Процесс отжима маслосемян в двухшнековом пресс-экструдере происходит параллельно с постоянным поддержанием заданной температуры обогрева рабочих частей корпуса электротеновыми нагревателями. Поэтому знания и выбор оптимальной температуры обогрева корпусов позволит уменьшить энергоемкость процесса отжима масла подобным оборудованием.

Из проведенного анализа обработанных научных материалов наиболее приближенной к конструкции испытуемого образца пресса может быть работа [10], но в ней рассматривается экструзия семян сои и на выходе пресса стоит гранулирующая матрица, что есть отличием к конструкции пресс-экструдера рассматриваемого в этой статье.

В работе [11, 12] приведены результаты экспериментальных исследований определения влияния только некоторых параметров (шага витков шнекового вала, площади отверстий для отвода жмыха, частоты вращения и диаметра шнекового вала) одношнекового пресса на процентный выход масла из семян различных масличных культур. Следует отметить, что конструкция этих прессов предусматривает наличие обогревательного элемента. Однако, в материалах указанных работ отсутствуют данные о влиянии температуры во время процесса отжима масла на заявленные качественные технические показатели пресса.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Обобщить особенности строения конструкции и технических характеристик современных двухшнековых пресс-экструдеров. Подобрать рациональные технологические параметры двухшнекового пресс-экструдера такие как температура обогрева корпуса и площадь отверстий для отвода жмыха, а также обосновать их влияние на его качественные и технические показатели.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенный анализ литературных и патентных источников позволил обобщить особенности конструкции двухшнековых пресс-экструдеров.

Основными элементами двухшнекового пресс-экструдера (рис. 1) являются: разъемный секционный корпус (состоящий из непроницаемых секций 4 и зерных секций 5), загрузочный бункер 1, матрица 7, термопары 6, защитный кожух 2, два шнековых вала, состоящие из собственно валов 8, шнеков 9, специальных органов (групп кулачковых измельчителей-смесителей 10), шайб 11 (промежуточных колец) и конусных регулирующих насадок 12.

Нарезка шнеков имеет контактно-уплотнительный профиль, что обеспечивает принудительное перемещение материала и самоочистку рабочих поверхностей в зоне контакта.

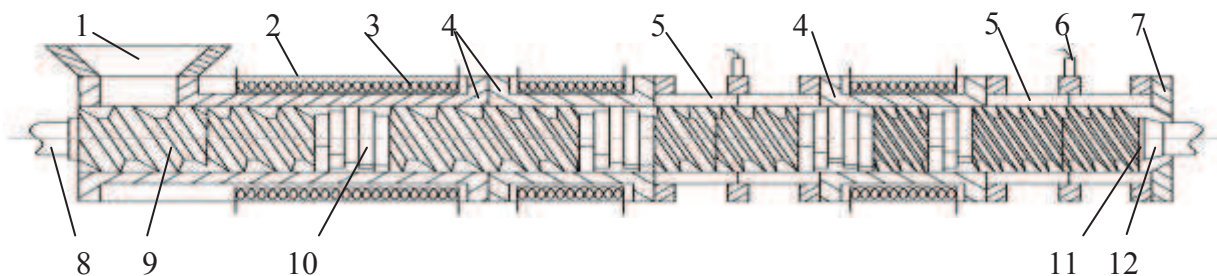


Рис. 1. Продольная часть двухшнекового пресс-экструдера:

Fig. 1. Longitudinal part of twin-screw press-extruder :

- 1 – загрузочный бункер; 2 – защитный кожух;
3 – электронагревательный элемент; 4 – непроницаемые секции корпуса; 5 – зерные секции корпуса; 6 – термопара; 7 – матрица; 8 – вал; 9 – шнеки; 10 – кулачковые измельчители-смесители;
11 – шайба; 12 – конусная регулирующая насадка.

Принцип работы установки состоит в постепенном многоступенчатом разрушении и сжатии семян двумя наборными шнеками с изменяющимся шагом и специальными измельчителями-смесителями. Двухшнековые пресс-экструдеры имеют три основные зоны. Первая зона – загрузочная, куда самотеком через бункер 1 поступают семена. Вторая зона – нагрева, в этой зоне, окольцованной снаружи нагревательными элементами (ТЭНами) 3, проходит измельчение и нагревание семян. Интенсивное кратковременное нагревание до 95 – 115 °С приводит к ослаблению поверхностных сил, удерживающих масло в мятке, и масло переходит в относительно свободное состояние. В третьей зоне, образованной зерной камерой 5, происходит непосредственный отжим и выход масла через зазоры между зерными планками [13]. В экструдере присутствуют две основные электрические схемы: привода двигателя и подогрева секционного корпуса.

Характерным признаком геометрической конфигурации шнеков является известный принцип уплотнительного профиля. Следствием которого является довольно равномерное время пребывания (время обработки) различных частиц (порций) материала в машине. Это особенно важно для материалов, чувствительных к воздействию температуры, так как исключается термическая перегрузка отдельных частиц вследствие слишком длительного времени контактирования [14].

Двухшнековые пресс-экструдеры, по сравнению с одношнековыми прессами, имеют большую фильтровальную поверхность в расчете на единицу объема материала и обеспечивают принудительное движение его в рабочей зоне. Наиболее распространение получили двухшнековые пресс-экструдеры со шнеками находящимися во взаимном зацеплении и вращающимися в одном направлении [15, 16]. В работе автора [17] приведен обзор, сравнительная оценка и анализ технического уровня маслоотжимных прессов и экструдеров которые используются в малотоннажных перерабатывающих производствах. На сегодняшний момент, ситуация с производителями двухшнековых пресс-экструдеров немного изменилась. Часть из них прекратили выпуск продукции и перепрофилировали производство, другие

наоборот, расширили модельный ряд (табл. 1). Как видно из таблицы, производят двухшнековые пресс-экструдеры в диапазоне производительности от 100 до 1000 кг / час.

Двухшнековые пресс-экструдеры непосредственно для отжима масла первыми в Украине стали производить в НПП "Экструдер" (г. Харьков).

Большинство тепла маслосодержащее сырье получает вследствие трения с шнековыми рабочими органами и корпусом при прохождении им вдоль тракта аппарата, а также само об себя. Однако, для двухшнекового пресс-экструдера и некоторых типов конструкций одношнековых прессов, чтобы обеспечить лучший выход масла нужно обеспечить как предварительный нагрев аппарата, так и нагрев (поддержание определенной величины температуры) во время отжима масла. Температурный режим пресс-экструдера может изменяться в зависимости от вида сырья (семян, ядра, мятки), их состояния и засоренности, заданной производительности пресса и типа установленных рабочих органов. Верно подобранный температурный режим экструдера в совокупности с правильно установленным соотношением оборотов шнека и дозатора производительности приводят к «нормальному» отжиму масла. Экспериментальные исследования проводились на базе пилотного завода по производству дизельного биотоплива в учебно-опытном хозяйстве НУБиП Украины "Агрономическая опытная станция". Это предприятие состоит из трех технологических линий, а именно: линий производства растительного масла ЛВРО-ЭКО-БИО, подготовки масла к этерификации ЛПРО-ЭКО-БИО и производства дизельного биотоплива ЛВДБ-ЭКО-БИО. Линия производства масла ЛВРО-ЭКО-БИО имеет в своем составе двухшнековые пресс-экструдеры (рис. 2) производства НПП "Экструдер" [18].

Опираясь на существующую информацию, а также, на основании результатов исследований предварительного изучения объекта было выбрано два основных фактора, которые существенно влияют на качественные и технические показатели работы пресс-экструдера: 1) температура обогрева корпуса – T (°С); 2) выходной зазор в матрице – b (мм).

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАСЛОПРЕССА НА ЕГО КАЧЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Таблица 1. Основные технические характеристики двухшнековых пресс-экструдеров
Table 1. Basic technical descriptions of twin-screw presses-extruders

Производитель	Марка пресса	Производительность, кг/час	Выход масла, %	Остаток масла в жмыхе, %	Установленная мощность, кВт		Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг
					двигателя	нагревателей		
НВО „Экструдер” г.Харьков, Украина	ЭК-75/1200	175	до 42	-	7,5	12	15	700
	ЭК-105/1500	350	36-42	-	11	24	35	1250
	ЭК-130/2000	1000	36-42	-	30	42	46	2500
ЗАО РНВП „Укрэкспо-Процес”, г.Киев, Украина	УЕП - 100	100-110	-	8-10	5,5	8	9	450
	УЕП - 150	150-170	-	10-12	7,5	11	15	650
	УЕП - 250	220-250	-	12-14	11	15	21	950
	УЕП - 450	400-450	-	12-14	15	20	29	1500
ОАО"Универсальный механический завод" г.Кировоград, Украина	УПСП-200	до 250	до 40	-	7,5	9	-	-
ООО „Луч”, г.Белгород, Россия	УММП-1М-50	330	до 42	-	18,5	12	-	1100
	УПМ-1	180-200	до 40	-	11	12	-	700
АО«Алиментармаш» г.Кишинев, Молдова	М8-МПД	120-150	-	9-12	7,5	-	-	-



Рис. 2. Общий вид пресс-экструдеров линии производства растительного масла ЛВРО-ЭКО-БИО

Fig. 2. General view of presses-extruders of line of production vegetable butter of ЛВРО-ЭКО-БИО

Для реализации эксперимента использована методика математического планирования, а за основу был выбран центральный композиционный план второго порядка [19].

Согласно паспортных данных завода изготовителя для семян рапса температура в рабочей зоне предпочтительна в пределах 115-150 °С.

Уровень температурного варьирования избран на основе анализа теоретических и экспериментальных данных предварительно проведенных исследований.

Поэтому, нами были установлены следующие пределы нагрева соответственно первой и второй зоны корпусов секций обогрева: 1) 110-115 °С, 2) 120-125 °С, 3) 130-135 °С.

Регулирование температуры осуществляется при помощи системы тепловой автоматики, состоящей из комплекта терморпар, датчиков мощности и аппаратуры управления. Данные температуры зон нагрева корпусов вводились и контролировались через заводской пульт управления. После изменения заданной температуры нагрева (в сторону увеличения) выжидали определенное время, чтобы температура обеих зон уравнилась и пресс перешел в стабильный режим работы.

Величину зазора b между матрицей и конусными втулками устанавливали с помощью набора шайб в 8, 10 и 12 мм, что обеспечивало средний размер толщины жмыха соответственно в 2-2,5, 3-3,5, 5-5,5 мм.

Регулировка зазора между конусными втулками и втулкой матрицы в двухшнековом пресс-экструдере ЕК-75/1200 (НПП "Экструдер", г. Харьков) осуществляется путем установки (снятия) дополнительных шайб (компенсационных колец):

а) между конусной втулкой и последним шнеком;

б) между шнеками и кулачковыми измельчителями-смесителями.

Вышеприведенные регулирования имеют один недостаток, регулирование осуществляется при выключенном прессе и невозможным осуществлением замены «на ходу».

Схему установки шайб и регулировки конусных втулок пресс-экструдера представлено на странице 391 книги [20].

Как сырье в исследованиях принимали семена рапса влажностью 6,3-6,5 %. Температура окружающей среды в цехе была 33 °С. Опытные образцы прессов имели наработку переработки семян в 150-200 тонн. Частота вращения валов на первом этапе исследований составляла 42 об/мин (установленная на заводе) и во время исследований не менялась.

Регулировать производительность изменением числа оборотов шнекового вала следует только в крайнем случае. Объясняется это тем, что при увеличении скорости вала увеличивается мощность, нужная для работы пресса, и уменьшается время пребывания мезги в зере, что повышает масличность жмыховой ракушки [21].

В результате обработки полученных опытных данных на персональном компьютере с использованием программы STAT и STATISTICA-6 было получено ряд уравнений регрессии, адекватно описывающих технологический процесс отжима растительного масла двухшнековым пресс-экструдером.

Зависимость выхода масла V (%) от температуры обогрева корпуса T и от величины зазора b описывается уравнением:

$$V = -127.7 + 17.5b + 1,195T - 0.87b^2 - 0.005T^2,$$

Графически эта зависимость при частоте вращения валов в 42 об/мин представлена на рис. 3.

Зависимость величины производительности Q (кг/ч) от температуры обогрева корпуса T (°С) и от величины зазора b (мм) описывается уравнением:

$$Q = +179.06 - 6.418b + 0.393b^2 + 0.007bT,$$

Графически эта зависимость представлена на рис. 4.

Анализ приведенных данных (рис. 3) показывает, что при минимальной величине зазора $b = 8$ мм, выход масла при всех температурных режимах был минимален в связи с уменьшенной пропускной способностью пресса (см. рис. 4). Дальнейшее увеличение зазора до 10 мм приводит к увеличению пропускной способности пресса (рис. 4) и, соответственно, выхода масла (рис. 3).

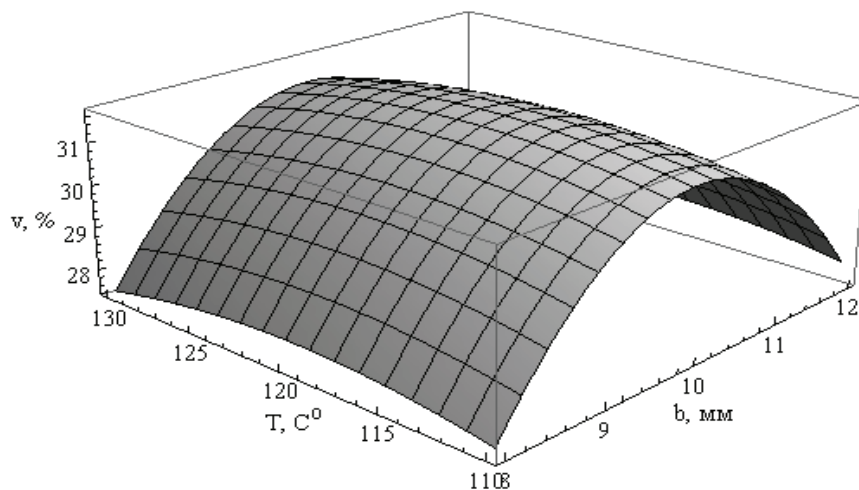


Рис. 3. Зависимость выхода масла V (%) от температуры обогрева корпуса T и от величины зазора b

Fig. 3. Dependence of output of butter of V (%) on the temperature of heating of corps of T and from the size of gap of b

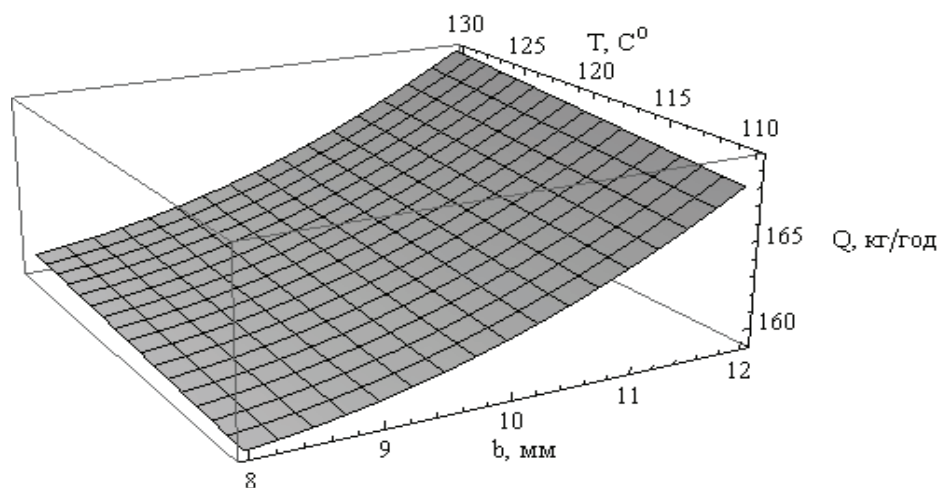


Рис. 4. Зависимость величины производительности Q (кг/ч) от температуры обогрева корпуса T (°C) и от величины зазора b (мм)

Fig. 4. Dependence of size of productivity of Q (kg/of ч) on temperature of heating of corps of T (°C) and from size of gap of b (mm)

Анализ приведенных данных (рис. 3) показывает, что при минимальной величине зазора $b = 8$ мм, выход масла при всех температурных режимах был минимален в связи с уменьшенной пропускной способностью пресса (см. рис. 4). Дальнейшее увеличение зазора до 10 мм приводит к увеличению пропускной способности пресса (рис. 4) и, соответственно, выхода масла (рис. 3).

Однако при последующем увеличении зазора до 12 мм, выход масла уменьшается (рис. 3) в связи с увеличенным выходным отверстием, давление на маслосодержащее сырье уменьшилось, что и привело к непол-

ной отдачи масла мезгой. В то же время, общая производительность (пропускная способность) пресса продолжает увеличиваться (рис. 4) в связи с уменьшением сопротивления перемещения жмыха на выходе из пресса, что приводит к увеличению ее масличности (остаток масла в жмыхе увеличивается).

Следует отметить, что на холодном не разогретом прессе невозможно обеспечить формирование прочной структуры лепестков жмыха и достаточный выход масла, а перегрев материала приводит к уменьшению выхода масла, ухудшению качества масла и жмыха, ухудшению показателей работы

пресса. Так при изменении температуры масла от 110 °С до 130 °С (при постоянном зазоре 10 мм) выход масла сначала увеличивается до температуры 123 °С, достигая своего максимального значения (31.6%), а затем уменьшается.

При увеличении температуры нагрева секций корпусов с 110 °С до 130 °С при постоянном зазоре $b = 10$ мм наблюдается незначительное увеличение производительности пресса от 161,9 до 163,3 кг/час, что связано с уменьшением общей вязкости мезги и увеличением ее текучести.

Опираясь на полученные уравнения регрессии и их графическое отображение (рис. 3, 4) можно отметить, что при температуре в 123 °С и зазоре 10 мм получен максимальный выход масла 31,6 %, и достаточно необходимую производительность пресса, которая составляет 162,8 кг/ч.

ВЫВОД

Приведен краткий обзор особенностей строения конструкции и технических характеристик современных двухшнековых пресс-экструдеров.

На основе экспериментальных данных получены уравнения регрессии, которые позволяют определить влияние изменения температуры обогрева корпуса и установленного зазора между матрицей и конусными втулками (площади отверстий для отвода жмыха) на качественные и технические показатели работы двухшнековых пресс-экструдеров.

Определенные и обоснованные рациональные технологические параметры пресс-экструдеров переданы руководству ННВЛ дизельного биотоплива и рекомендованы к применению на производстве.

Несмотря на описанные технико-технологические преимущества перед одношнековыми прессами, на сегодня производством, исследованием и усовершенствованием двухвинтовых пресс-экструдеров занимаются лишь единицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zakharchuk V., Tkachuk V. 2010: Biodizelnoye toplivo na osnove izopropilovykh

efirov rapsovogo masla // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin. – Vol. 12. 188-193.

2. Biopaliva 2004: Biopaliva (tehnologii, mashini i obladnannya) / [V. Dubrovin, Korchemniy M.O., Maslo I.P. ta in]. – K.: TsTI „Energetika i yelektrifikatsiya”. – 256.

3. Polishchuk V., Dubrovin V., Polishchuk A. 2012: Alternativnyye dizelnyye topliva // Motrol. Commission of motorization and Energetics in agriculture. – Lublin-Kiev-Simferopol-Mykolaiv-Lviv-Rzeszow. – Vol. 14, No 3. – 20-31.

4. Gudzenko M.M. 2007: Mashinni tehnologii virobnitstva roslinnikh oliy v umovakh silskogospodarskikh pidpriemstv maloi potuzhnosti // Naukoviy visnik Natsionalnogo agrarnogo universitetu. – Vip. 107. – 348-355.

5. Vinogradov M.G., Burdyugov S.I., Grokhotov A.F. 1998: Ekstrudernaya tekhnika v maslzhirovoy promyshlennosti // Maslozhirova promyshlennost. – №2. – 24-25.

6. Koshevoy Ye.P. 2001: Tekhnologicheskoye oborudovaniye predpriyatiy proizvodstva rastitelnykh masel – SPb.: GIOR. – 368.

7. Shcherbakov V.G. 1992: Tekhnologiya polucheniya rastitelnykh masel. – M.: Kolos, – 207.

8. Pod red. Kopeykovskogo V.M. i S.I. Danilchuk. 1982: Tekhnologiya proizvodstva rastitelnykh masel. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost. – 416.

9. Ospanov A.B., Dzhingilbayev S.S., Yergaliyeva S. 2008: Vyyavleniye osnovnykh termodinamicheskikh pokazateley raboty ekstruzionnykh maslotzhimnykh pressov // Pishchevaya tekhnologiya i servis. – №4. – 28-31.

10. Gerashchenko V.N., Kudrin Yu.P., Tolchinskiy Yu.A., Klyuchkin V.V., Savus A.S., Kharitonov B.A. 1991: Ekstruziya semyan soi na dvukhchervyachnom ekstrudere // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – №1-3. – 129-131.

11. Gritsenko V.T. 2000: Vliyaniye nekotorykh parametrov press-ekstrudera na tekhnologicheskiye pokazateli protsessa otzhima masla iz semyan maslichnykh kultur // Naukovo-tekhnichniy byuletin Institutu oliynikh kultur UAAN. – Zaporizhzhya. – №. 5. – 205-208.

INFLUENCE OF SOME
TECHNOLOGICAL PARAMETERS
OF SCREW OIL-PRESSES ON ITS
QUALITATIVE AND TECHNICAL
INDICATORS

12. Kovalyshyn S.Yo, Tomjuk V.V. 2011: Optimization of oil press parameters // Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – Lublin. – Vol. 13. – 173-182.
13. Tekhnika 2010: Tekhnika i tekhnologii proizvodstva i pererabotki rastitelnykh masel : uchebnoye posobiye / S.A. Nagornov, D.S. Dvoretzkiy, S.V. Romantsova, V.P. Tarov. – Tambov: Izd-vo GOU VPO TGTU. – 96.
14. German Kh. 1975: Shnekovyye mashiny v tekhnologii / Per. s nem.; Pod red. M.P. Fridmana. – L.: Khimiya. – 229.
15. Kudrin Yu.P. 1997: Cherv'yachni mashini v tekhnologii virobnitstva olii. – K.: IZMN. – 144.
16. Shenkel G. 1962: Shnekovyye pressy dlya plastmass / Per. s nem.; Pod red. A.Ya. Shapiro. – L.: GNTIKhP. – 467.
17. Datsishin O.V., Gudzenko M.M. 2007: Porivnyalna otsinka olievidzhimnikh presiv. // Naukoviy visnik Natsionalnogo agrarnogo universitetu – Vip. 117. – 224-233.
18. Bioenergiya 2009: Bioenergiya v Ukraini – rozvitok silskikh teritoriy ta mozhlivosti dlya okremikh gromad: Naukovo-metodichni rekomendatsii shchodo vprovadzhennya peredovogo dosvidu agrarnikh pidpriemstv Polshchi, Litvi ta Ukraini zi stvorenniya novitnikh ob'ektiv bioenergetiki, yefektivnogo virobnitstva i vikoristannya biopaliv: [Nauk.-metod. rekomend.] / [V.O. Dubrovin, M.D. Melnichuk, Yu.F. Melnik, V.G. Mironenko ta in.]. – K.: Natsionalniy universitet bioresursiv i priroдокористuvannya Ukraini; Institut budivnitstva, mekhanizatsii ta yelektrifikatsii silskogo gospodarstva, Polshcha, Institut agrarnoi inzhenerii, Litva. – 122.
19. Nalimov V.V. 1982: Tablitsy planov eksperimenta. – M.: Metallurgiya. – 751.
20. Datsishin O.V., Tkachuk A.I., Gvozdev O.V. 2008: Tekhnologichne obladnannya zernopererobnikh ta oliynikh virobnitstv / Za redaktsieyu O.V. Datsishina. Navchalniy posibnik. – Vinnitsya: Nova kniga. – 488.
21. Dzhingilbayev S.S., Rakhmetov O.M. 2010: Puti uvelicheniya proizvoditelnoy raboty maslotozhimnykh shnekovykh press-ekstruderov // Pishchevaya tekhnologiya i servis. – №2. – 24-27.

Summary. The results of experimental researches of twin-screw extruder for oil pressing are given in work. Rational technological parameters of oil press (heating temperature of frame and area of the holes to remove cake) and their influence on its quality and technical performance are proved.

Key words: vegetable oil, rapeseed oil, screw press, twin-screw extruder, temperature of the heating body, performance.