

технической службой предприятия или официального дилера при балластировании тракторов для определенных групп операций основной обработки почвы. При подготовке тракторов разных производителей и типоразмеров к эксплуатации более универсальной является методика определения степени балластирования с использованием удельной массы полного, переднего и заднего балластов.

**Заключение.** Представлены модели и алгоритм рационального балластирования колесных 4к4 тракторов для эффективного использования в технологиях почвообработки. Обоснованы рациональные значения удельной массы общего, переднего и заднего балластов тракторов на одинарных и сдвоенных колесах для операций почвообработки разных групп. Разработана номограмма определения степени балластирования при использовании трактора в технологиях почвообработки.

### Литература

1. Селиванов Н.И. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 234–239.
2. Селиванов Н.И., Запрудский, В.Н., Макеева Ю.Н. Моделирование скоростных режимов и удельных показателей колесных тракторов на основной обработке почвы // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 1. – С. 81–89.
3. Селиванов Н.И., Запрудский, В.Н., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 56–63.
4. Селиванов Н.И. Эффективное использование энергонасыщенных тракторов. – Красноярск, 2008. – 228 с.
5. Селиванов Н.И. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – 347 с.
6. Руководство по эксплуатации тракторов John Deere [Электронный ресурс] // <http://mashintop.ru/manual.php?id=378>.
7. Руководство по эксплуатации тракторов Versatile модели 250, 280, 305 [Электронный ресурс] // <http://mashintop.ru/manual.php?id=378>.
8. Руководство по эксплуатации тракторов Terrior [Электронный ресурс] // <http://www.yugprom.ru/technics/tractors/terrior/terrior-atm-5280.php>.



УДК 631. 89 (631.3)

Н.И. Селиванов, А.А. Доржиев

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА

*В статье представлена технология переработки семян рапса и получения смешанного топлива на основе рапсового масла, реализованная внутрихозяйственным способом. Обоснована технологическая линия производства и показана эффективность применения биотоплива в дизеле.*

**Ключевые слова:** биотопливо, дизель, рапсовое масло, смешанное топливо, технологическая линия.

N.I. Selivanov, A.A. Dorzheev

### THE PRODUCTION TECHNOLOGY AND THE USE EFFICIENCY OF THE MIXED FUEL BASED ON RAPESEED OIL

*The technology of the rapeseed processing and the production of the mixed fuel based on the rapeseed oil implemented by the in-house method is presented in the article. The technological production line is substantiated and the efficiency of the biofuel use in diesel is shown.*

**Key words:** biofuel, diesel, rapeseed oil, mixed fuel, technological line.

**Введение.** За последние десять лет стоимость дизельного топлива выросла в три раза, что стимулирует применение альтернативных топлив, наиболее реальными из которых являются биотоплива на основе растительных масел. При этом в сельском хозяйстве целесообразно использовать биотоплива, которые можно произвести внутрихозяйственным способом из собственного сырья. К ним относятся, прежде всего, топлива из рапсового масла.

Посевные площади рапса в России за последние пять лет (с 2010 по 2014 г.) выросли в два раза. В условиях Красноярского края урожайность семян составляет около 15 ц/га при себестоимости 12,3 руб/кг. При

переработке семян рапса получается до 33 % масла и 67 % жмыха (шрота). Доход от использования жмыха может полностью компенсировать затраты на возделывание рапса и переработку его семян. Себестоимость продукции растениеводства при использовании рапсового масла в качестве основы биотоплива существенно снижается [1].

В настоящее время биотопливо из рапсового масла (РМ) используется в дизельных двигателях двух разновидностей:

- метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ), получаемый при метанолизе РМ;
- смесевое топливо (СТ), состоящее из смеси РМ с дизельным (ДТ) или другими нефтяными топливами, а также чистое рапсовое масло холодного отжима.

Химмотологические качества МЭРМ близки к ДТ, поэтому при его использовании практически не требуется адаптация дизеля. Однако технология внутрихозяйственного производства МЭРМ труднореализуема из-за ее сложности и использования чрезвычайно ядовитого метилового спирта.

Учитывая возможность производства РМ на базе специализированного предприятия или внутри хозяйства, а также более высокий выход энергии по топливной составляющей у СТ и РМ по сравнению с МЭРМ, в сельском хозяйстве предпочтительнее использовать для дизельных двигателей СТ [2, 3].

**Цель исследований.** Обоснование технологии производства рапсового масла и смесевое топлива на его основе.

**Задачи исследований.** Разработать структурную схему технологии производства рапсового масла и смесевое топлива на его основе; обосновать параметры технологического процесса и оборудования поточной линии производства рапсового масла и смесевое топлива; дать оценку эксплуатационных показателей дизеля на смесевом топливе.

**Объекты и методы исследований.** Технология производства смесевое топлива на основе РМ включает три взаимосвязанных и последовательно выполняемых процесса: 1) прессование семян рапса для получения масла-сырца и жмыха; 2) очистка и нейтрализация масла-сырца; 3) смешивание нейтрлизованного масла (РМн) с дизельным или другим минеральным топливом.

Эффективность указанных процессов с позиций ресурсосбережения определяется количественными и качественными характеристиками получаемого продукта, основными из которых являются выход рапсового масла после нейтрализации, его теплотворная способность, вязкостно-температурные и другие свойства. Эти характеристики формируют при смешивании РМн с минеральным топливом, эксплуатационные свойства СТ, которые определяют в итоге энергетические, топливно-экономические, общетехнические и экологические показатели дизельного двигателя и технического уровень машины (трактора, комбайна, автомобиля) в целом.

Структурная схема технологического процесса производства смесевое топлива и параметры оборудования для его реализации выбирались из условия обеспечения производительности по семенам до 1000 кг/ч с выходом масла 30–35 % и осадка после его нейтрализации 5–6 %. Заданные эксплуатационные свойства СТ обеспечивались добавкой в РМн 25–30 % по массе минерального топлива.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Обоснованная совокупность производственных методов и процессов получения смесевое топлива на основе РМн была реализована в КСПК «Союз» Емельяновского района Красноярского края. Ниже представлена схема технологической линии (рис. 1) с описанием процессов производства СТ.

Процесс переработки семян в масло осуществляется на двух параллельных поточных линиях. Исходное сырье загружается в бункеры 1 и 2 и самотеком через дозатор поступает в зерную камеру шнековых маслопрессов ММШ-450 (3 и 4) предварительного отжима. Семена захватываются первыми витками шнекового вала и перемещаются по зерной камере. При этом происходит непрерывное уплотнение и прессование сырья с выделением до 15 % масла, которое вытекает через зазоры зерных планок и собирается фузоловушками с пеногасителями и отстойниками, смонтированными на станине прессов, затем перекачивается в резервуар РГС-50 (8). Остальное сырье в виде полуотжатых семян, частиц жмыха и масла перемещается винтовым транспортером на прессы основного отжима (5 и 6), где съем масла достигает 20 %.

Жмых с двух маслопрессов основного отжима винтовыми транспортерами перемещается в бункер временного накопления (7) для последующей реализации сельхозтоваропроизводителем. В результате параллельной работы двух поточных линий выход масла составляет 35 %, т.е. 315 кг/ч (табл. 1).

Для повышения качества очистки рапсового масла за счет подогрева до 50–60 °С и гашения гидроударов в линии фильтрации между насосом НШ-10 (2) и фильтрами грубой (4) очистки предусмотрена установка дросселирующего узла 3 типа ПГ-55 (рис. 2).

Шестеренный насос подает отстоявшееся масло через дроссель (3) под давлением 5–7 МПа в линию предварительной очистки, включающую два параллельно работающих фильтра грубой очистки типа Р-531А (4), затем через рампу (7) в линию тонкой очистки из двух параллельно установленных фильтров

ЭТФ-002 (5). Первые отсеивают частицы размерами 8–50 мкм, вторые – 0,5–8 мкм. Фильтры обслуживаются ежемесячно с заменой фильтрующих элементов тонкой очистки и промывкой фильтров грубой очистки.

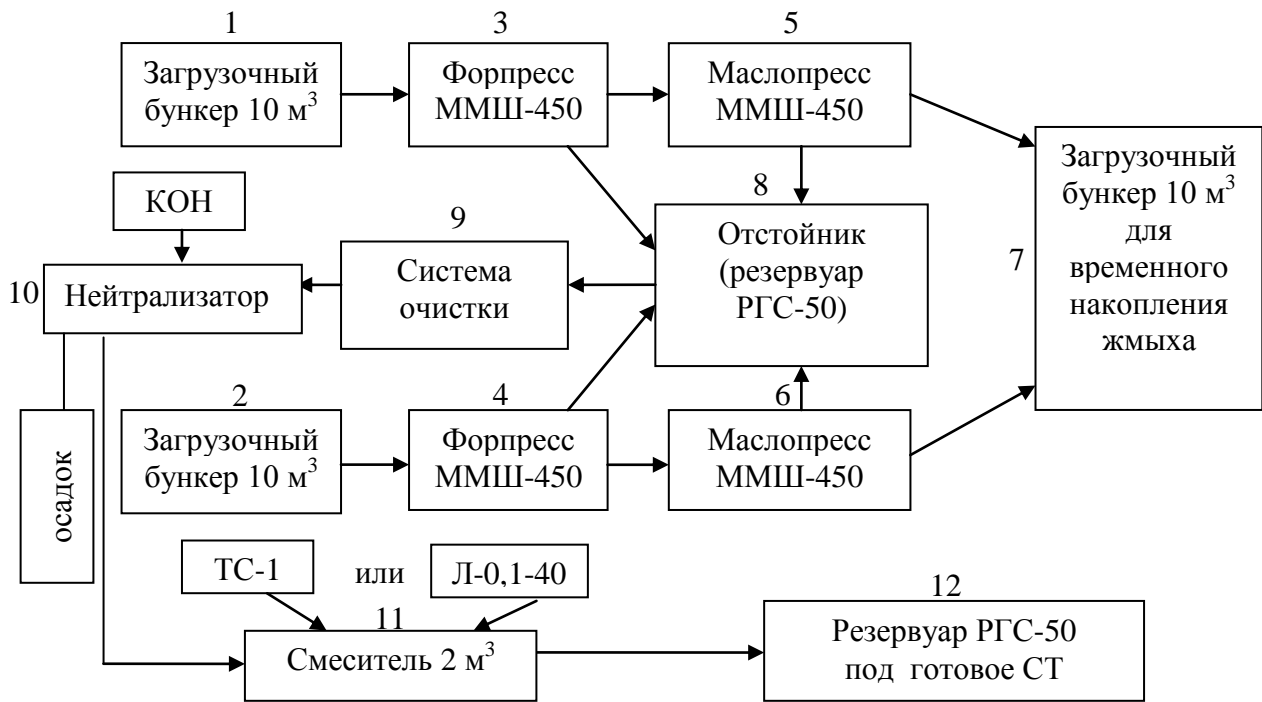


Рис. 1. Схема технологической линии производства смесового топлива на основе рапсового масла в КСПК «Союз»

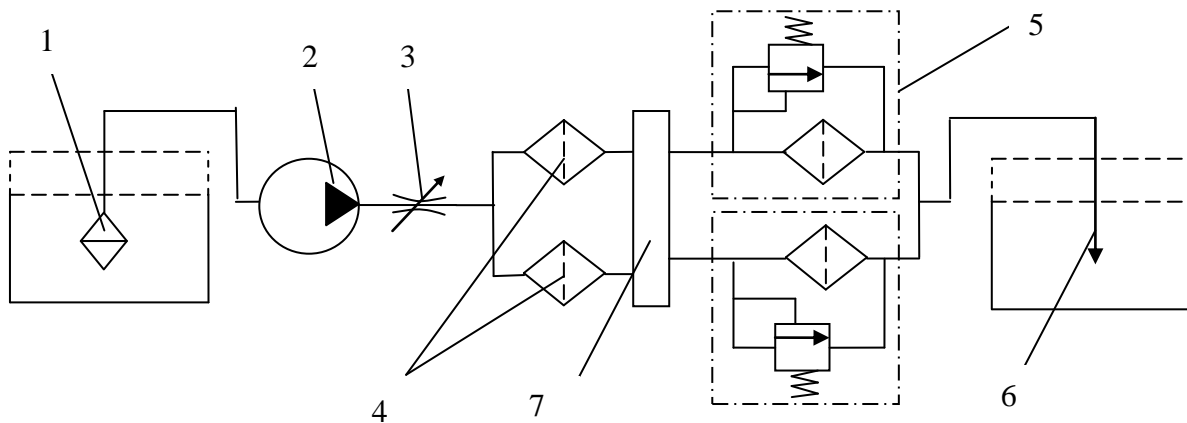


Рис. 2. Схема системы очистки рапсового масла: 1 – маслозаборник; 2 – насос НШ; 3 – дроссельный узел; 4 – фильтр грубой очистки; 5 – фильтр тонкой очистки с предохранительным клапаном; 6 – нейтрализатор; 7 – рампа

После очистки производится нейтрализация масла раствором КОН при концентрации 0,3 %. Реакцию проводят при температуре 60–70°C, что достигается использованием встроенных электронагревателей мощностью 5 кВт. Перемешивание масла осуществляется механической мешалкой с перегородками. В результате нейтрализации выделяется 3–5 % осадка солей жирных кислот, который сливается через клапан конусного дна нейтрализатора.

Нейтрализованное рапсовое масло РМ<sub>н</sub> перекачивается в смеситель, где добавляется дизельное топливо (30 %), или керосин марки ТС-1 (25 %). Готовая продукция хранится в горизонтальном резервуаре РГС-50 либо реализуется в полиэтиленовой упаковке «Еврокуб» объемом 1 м<sup>3</sup> с металлическим каркасом, отгружается фронтальным погрузчиком, склад способен разместить до 50 подобных упаковок. Показатели процесса производства СТ на технологической линии в КСПК «Союз» представлены в табл. 1.

Показатели процесса технологической линии

Параметр	Значение параметра
Производительность по семенам, кг/ч	До 900
Суммарный выход масла, % (кг/ч)	35 (315)
Из них:	
предварительный отжим	15 (135)
окончательный (основной) отжим	20 (180)
Выход жмыха, % (кг/ч)	63,5 (571,5)
Потери по исходному сырью из материального баланса, % (кг)	1,5 (13,5)
Конструкционная масса оборудования, кг	9500
Полная масса линии, загруженной на 100 % по сырью, кг	138900
Установленная потребная мощность при двухстадийном отжиме и полной загрузке линии, кВт	52,5
Выход осадка (суммарный), %	6,0
Себестоимость рапсового масла нейтрализованного, руб/кг	15,54
Себестоимость смесового топлива СТн (0,7РМ <sub>н</sub> +0,3ДТ), руб/кг	28,0
Себестоимость смесового топлива СТн (0,75РМ <sub>н</sub> +0,25ТС-1), руб/кг	26,3

Используемая совокупность методов и процессов позволяет обеспечить себестоимость РМ<sub>н</sub> 15,75 руб/кг с учетом реализации жмыха при цене семян рапса 12,5 руб/кг. В зависимости от вида и количества нефтяного топлива для получения СТ себестоимость его производства составляет 26,3–28,0 руб/кг, что на 33–37 % ниже стоимости дизельного топлива.

На рис. 3 показаны зависимости плотности и вязкости биотопливных композиций на основе рапсового масла, полученные по данной технологии.

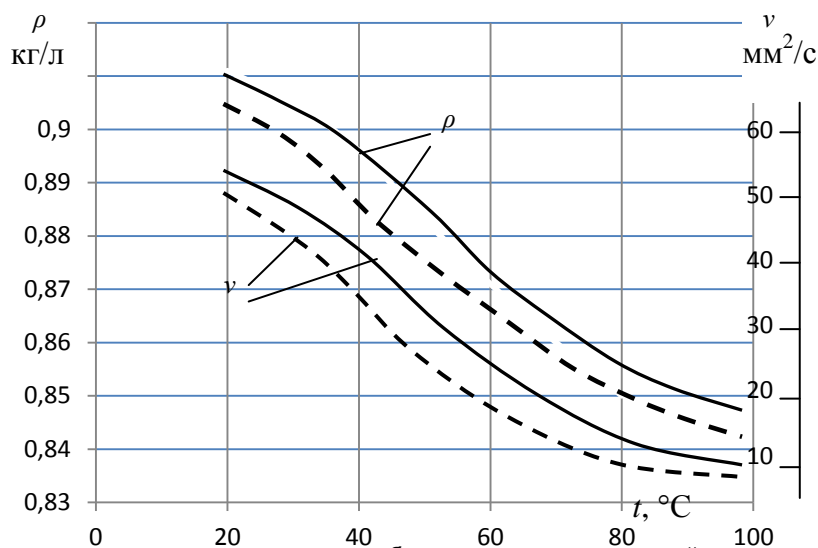


Рис. 3. Зависимость вязкости и плотности биотопливных композиций от температуры:  
 - - - - - СТ<sub>н</sub> (75 % РМ<sub>н</sub>+25 % ТС-1); ——— СТ<sub>н</sub> (70 % РМ<sub>н</sub>+30 % ДТ)

Анализ полученных зависимостей показывает необходимость предварительного подогрева СТ до 65–70°C при его использовании в автотракторных дизелях. Вязкость и плотность смеси 25 % ТС-1+70 % РМ<sub>н</sub> ниже, чем у смеси 30 % ДТ(Л-0,1-40)+70 % РМ<sub>н</sub>, что определяется отличием вязкостно-температурных характеристик дизельного топлива и керосина.

Нейтрализованное рапсовое масло в смеси с минеральным топливом имеет показатели физико-химических свойств, сопоставимые с показателями дизельного топлива (табл. 2).

Таблица 2

## Основные показатели физико-химических свойств топлив

Показатель	ДТ летнее	PM	PM <sub>n</sub>	СТ (30% СТ <sub>n</sub> (30 % ДТ +70 % PM <sub>n</sub> ))	СТ (30% СТ <sub>n</sub> (25 % ТС-1 +75 % PM <sub>n</sub> ))
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	840	913-922	924,2	888,4	877,4
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	3-6	62,6-71,7	76,04	46,5	43,5
Поверхностное натяжение при 20°C, Н/м	27·10 <sup>-3</sup>	33,2·10 <sup>-3</sup>	33,2·10 <sup>-3</sup>	29,3·10 <sup>-3</sup>	29,3·10 <sup>-3</sup>
Цетановое число, не менее	45	38-40	38-40	40-41	41-43
Кислотное число, мгКОН/г	0,06	0,04	0,0193	0,02	0,02
Температура, °С:					
воспламенения (не менее)	+40	+ 240-320	+230	+165	+117
замерзания (не более)	-10	-18	-16	-10	-10
Содержание, %:					
серы, не более	0,2	0,0011	0,001	0,001	0,001
зола, не более	0,02	0,01	0,01	0,01	0,1
воды	–	–	–	–	–
Содержание фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	40	–	–	–	–
Низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг	42,5	34,2-37,5	34,2-37,5	39,5	40,5
Испытания на медную пластину	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает

Результаты сравнительной оценки технико-экономических и экологических показателей дизеля Д-240 на разных топливах приведены в табл. 3.

Таблица 3

## Относительные показатели мощности, удельного расхода топлива и дымности отработавших газов при работе дизеля на разных топливах

Вид топлива	Относительные показатели, % при нагрузке					
	Режим (0,8-0,9)N <sub>ез</sub>			Режим N <sub>е max</sub>		
	N <sub>ез</sub>	q <sub>е</sub>	K <sub>м</sub>	N <sub>ез</sub>	q <sub>е</sub>	K <sub>м</sub>
ДТ Л-0,15-40	100	100	100	100	100	100
СТ1(75 % PM <sub>n</sub> +25 % ТС-1)	93-94	112	76	101	108	114
СТ2 (70 % PM <sub>n</sub> +30 % ДТ)	96	103	66	97	104	112

При работе дизеля на режиме (0,8–0,9) N<sub>ез</sub> использование смеси СТ1 (75%PM<sub>n</sub>+25%ТС-1) при t<sub>см</sub>=60–65°C без перерегулировки ТНВД приводит к снижению мощности N<sub>ез</sub> в среднем на 6–7 % и ухудшению топливной экономичности q<sub>е</sub> на 12 %. Дымность K<sub>м</sub> отработавших газов при этом снижается на 24 %. На смеси СТ2 (70 % PM<sub>n</sub>+30 % ДТ) снижение мощности составляет 4 %, ухудшение топливной экономичности – 3 %, снижение дымности – 34 %.

На режиме максимальной мощности при использовании СТ1 удельный расход топлива увеличивается на 8 %, дымность ОГ возрастает на 14 %, мощность снижается на 1 %. При работе дизеля на СТ2 ухудшение топливной экономичности составляет 4 %, дымность ОГ возрастает на 12 %, мощность снижается на 3 %.

**Заключение.** Разработана структурная схема технологии производства рапсового масла и смесового топлива на его основе, включающая следующие процессы: прессование семян рапса и получение масла-сырца; очистку и нейтрализацию масла-сырца; смешивание нейтрализованного масла с минеральным топливом в соотношении (0,70–0,75 PM<sub>n</sub>+0,25–0,30 ДТ(ТС-1)). Обоснованные параметры технологического процесса и технического оборудования позволили при производительности по семенам 900 кг/ч обеспечить выход нейтрализованного рапсового масла PM<sub>n</sub> до 35 % от массы семян с себестоимостью 15,75 руб/кг с учетом цены реализации жмыха и получить смесовое топливо на 33–37 % ниже стоимости дизельного топлива.