

2. Мещерин Е.М., Назаров В.И., Нафтуллин И.С. Современные методы исследования, прогнозирования и оптимизации эксплуатационных свойств моторных масел. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1990. – 64 с.

3. Регенерация отработанных масел и их использование. Обз. информ.// К.В. Рыбаков, В.П. Коваленко, В.В. Нигородов. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1989.–26 с.

4. Сурин С.А. Отработанные масла: вторая жизнь // Мир нефтепродуктов. – 2000. – №2 – с. 22–24.

5. Гусев О.Н. Современные методы переработки и рационального использования отработанных масел. – М., 1987. – 56 с.

6. Бутов Н.П. Система восстановления и использования отработанных автотракторных масел в АПК. Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Зеленоград, 1996. – 40 с.

7. Потапков А.Г. Совершенствование

технологии регенерации отработанных смазочных масел путем моделирования регенерационного комплекса. Автореф. диссер. канд. техн. наук. – СПб, 1999 – 16 с.

8. Картошкин А.П. Экономия энергетических ресурсов путем создания и реализации комплексной технологии регенерации отработанных смазочных масел для автотракторной техники. Автореф. д-ра техн. наук. – СПб, 2002 – 50 с.

9. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. – М.: Химия, 1973. – 296 с.

10. Кафаров В.В., Ветохин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств.– М.: Наука, 1987. – 624 с.

11. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 584 с.

УДК 621.436

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА ИЗ ГОРЧИЦЫ

А.П. Уханов, доктор технических наук, профессор

ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»

В.А. Голубев, старший преподаватель

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

e-mail: golubevugsha@mail.ru

Ключевые слова: альтернативное топливо, дизель, растительные масла, горчица, горчичное масло, смесевое растительно-минеральное топливо, теоретические расчеты, показатели.

Описаны перспективы выращивания горчицы в качестве источника топлива для дизеля, представлены основные характеристики горчичного масла и его смесей с минеральным дизельным топливом. Приведены уточнения к методике и результаты расчета основных показателей рабочего процесса и эффективных показателей дизеля Д-243 при работе на смесевом растительно-минеральном топливе различного состава.

Увеличение потребления моторных топлив при прогнозируемом снижении производства нефтепродуктов определяет необходимость в перестройке энергетического баланса. Если в 1979 г. на долю нефти приходилось около 50% всех потребляемых энергоносителей, то в настоящее время ее доля составляет лишь около 35%, причем

относительное потребление нефти продолжает неуклонно снижаться. Из-за роста спроса на нефть будет непрерывно нарастать ее дефицит, который к 2025 г. достигнет 16 млн. баррелей (2,5 млн. т.) в день [1].

Переход на альтернативное топливо из возобновляемых источников - один из путей решения данной проблемы. Перспек-

тивным для дизелей является биотопливо из растительной массы, тем более в настоящее время, когда стоимость растительных масел и топлив на их основе соизмерима со стоимостью нефтяных дизельных топлив. В качестве источника биомассы на сегодня наиболее изучен и широко внедрён в производство рапс. К его основным достоинствам можно отнести высокую урожайность (14...33 ц/га) и высокий выход масла (масличность) – до 48% [2]. Несмотря на достоинства этого источника энергии, не следует исключать возможность использования растительных масел других масличных культур, традиционно культивируемых в России, что позволит значительно расширить вариации севооборотов. Особое место в этом отношении принадлежит горчице.

Горчица - одна из ценных масличных культур. Структура производства семян горчицы в мире распределяется следующим образом [3].

- Для продовольственных целей суммарно производится около 466 тыс. тонн. Здесь лидирующую позицию занимает Канада. В целом наблюдается стойкий рост мирового производства с 357 тыс. тонн в 1991 г. до пика производства в 703 тыс. тонн в 2005 г. В среднем за 20 лет прирост производства составил около 100%, т. е. около 350 тыс. тонн, что несколько отстает от роста мирового потребления.

- Для производственных целей производится около 2,7 млн. тонн. Лидерами здесь являются Индия (2,5 млн. тонн), Пакистан и Бангладеш (вместе 150...200 тыс. тонн). В ближайшие годы в этих странах ожидается рост производства технической горчицы, в том числе для производства биодизеля.

Горчицу выращивают для получения из её семян жирного масла (в семенах сарептской горчицы его содержится 35...45%, белой – 20...34%), в котором имеется постоянная потребность различных отраслей промышленности (консервной, хлебопекарной и кондитерской, маргариновой, текстильной, фармацевтической, мыловаренной и др.). Наиболее эффективный метод получения горчичного масла - холодное прессование. Горчичное масло, в сравнении с други-

ми маслами, имеет самый низкий кислотный показатель и дольше других сохраняет свои вкусовые свойства, стойко к окислению при хранении и термической обработке. Горчичное масло используют в технике как ценное смазочное масло для моторов и аппаратуры, его применяют при пониженных температурах, так как оно относится к слабовысыхающим маслам с низкими температурами застывания. В перспективе возможна переработка его в биодизель - горючее для автомобилей и тракторов.

Побочные продукты переработки семян - жмых, шелуха - идут на изготовление порошка для медицинских горчичников, горчичного спирта и столовой горчицы. Горчица - один из лучших ранних медоносов: за период цветения (2...3 недели) она обеспечивает сбор с 1 га более 100 кг меда [4]. Растения горчицы благоприятно влияют на структуру почвы. В силу значительной растворяющей способности корней они переводят труднорастворимые питательные вещества в формы, доступные для других растений и способствуют перемещению их из глубоких слоев в верхние. Горчицу применяют для биологической очистки почвы, она оказывает обеззараживающее действие на возбудителей грибковых и других заболеваний. Большие перспективы имеет использование этой культуры в качестве парозанимающей. Паровое поле очищается от сорняков, в нем улучшается структура почвы.

Для проведения исследований с целью определения возможности применения горчичного масла в дизелях, было использовано масло белой горчицы сорта «Рапсодия», районированного в Среднем Поволжье. Проведенный хроматографический анализ показал наличие в горчичном масле 19 жирных кислот, причем суммарное содержание пяти из них - эруковой, олеиновой, линолевой, линоленовой и годоиновой, составило более 92%. По известной методике [2] была получена усредненная химическая формула горчичного масла: $C_{19,09}H_{35,51}O_{2,0}$, которая явилась основой для определения его элементарного состава и теплотворной способности. Результаты расчетов представлены в таблице. Как следует из представленных в

Характеристики натурального горчичного масла, дизельного топлива и растительно-минеральных смесей на их основе

| Наименование показателя | 100%ДТ | 75%ДТ +25%ГорМ | 50%ДТ +50%ГорМ | 25%ДТ +75%ГорМ | 100%ГорМ |
|---|------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| Низшая теплота сгорания, H_u , МДж/кг | 42,437 | 41,176 | 39,921 | 38,679 | 37,488 |
| Вязкость, ν , мм ² /с: при 20° С при 50° С | 4,5 2,7 | 20,6 11,9 | 36,6 21,0 | 52,7 30,2 | 68,7 39,3 |
| Плотность, ρ , кг/м ³ : при 20° С при 50° С | 860 826 | 873 838 | 885 850 | 898 862 | 910 874 |
| Элементарный состав: | | | | | |
| С | 0,87 | 0,845 | 0,821 | 0,796 | 0,772 |
| Н | 0,126 | 0,125 | 0,123 | 0,122 | 0,121 |
| О | 0,004 | 0,030 | 0,056 | 0,082 | 0,107 |

таблице данных, низшая теплота сгорания горчичного масла (37,5 МДж/кг) выше, чем рапсового (37,2 МДж/кг) [2], что означает его более высокие энергетические возможности.

Плотность и вязкость горчичного масла, как и большинства растительных масел, значительно превышают одноименные показатели минерального дизельного топлива. Причем значения этих показателей остаются высокими при температурах, характерных для топливной системы в летний период. Это обстоятельство затрудняет использование горчичного масла в натуральном виде в качестве моторного топлива и предполагает применение дополнительных способов подготовки. Наиболее доступным в настоящее время способом подготовки является смешивание горчичного масла с минеральным дизельным топливом в различных пропорциях.

Для сравнительной оценки были проведены теоретические расчеты показателей рабочего процесса и эффективных показателей двигателя Д-243 (4С11/12,5) при работе на товарном минеральном дизельном топливе (100 % ДТ) Л-0,2-62 и смесевых горчично-минеральных топливах при процентном соотношении ДТ и горчичного масла (ГорМ): 75 % ДТ + 25 % ГорМ; 50 % ДТ + 50 % ГорМ; 25 % ДТ + 75 % ГорМ, по методике, предложенной Болтинским В.Н. [5]. В

силу того, что использование смесевого горчично-минерального топлива вносит существенные изменения в протекание рабочего процесса дизеля, что обусловлено различным элементарным составом минерального топлива и горчичного масла, методика требует уточнения некоторых расчетных зависимостей, которые представлены ниже [2, 6].

$$\alpha = \frac{G_{ВД}}{G_{ВТ}} = \frac{3600 c f \varphi \sqrt{2gH} \rho_{\text{в}}}{l_{\text{одст}} G_{\text{тдст}}}, \quad (1)$$

где $G_{ВД}$ - действительный расход воздуха, м³; $G_{ВТ}$ - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания дизельного смесевого топлива, м³; c - коэффициент согласования единиц измерения; f - площадь проходного сечения сопла расходомера, м²; φ - коэффициент расхода воздуха через сопло; g - ускорение свободного падения, м/с²; H - перепад давлений в сопле расходомера, Па; $\rho_{\text{в}}$ - плотность воздуха, кг/м³; $l_{\text{одст}}$ - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг смесевого минерально-растительного топлива, кг; $G_{\text{тдст}}$ - часовой расход смесевого топлива двигателем, кг/ч.

Перепад давлений в сопле расходомера и действительный расход воздуха дизельного смесевого топлива предварительно определяют экспериментальным путем.

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг смесевого растительно-минерального топлива

$$l_{\text{одст}} = l_{\text{одст}} + l_{\text{огорМ}}, \quad (2)$$

где $l_{одт}$, $l_{огорМ}$ - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания дозы соответственно дизельного топлива и горчичного масла, кг.

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания заданной дозы K_1 дизельного топлива и дозы K_2 горчичного масла можно определить из соотношений:

$$l_{одт} = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C_1 K_1 \cdot 10^{-2} + 8 H_1 K_1 \cdot 10^{-2} - O_1 K_1 \cdot 10^{-2} \right); \quad (3)$$

$$l_{огорМ} = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C_2 K_2 \cdot 10^{-2} + 8 H_2 K_2 \cdot 10^{-2} - O_2 K_2 \cdot 10^{-2} \right); \quad (4)$$

где C_1 , H_1 , O_1 - содержание углерода, водорода и кислорода в дизельном топливе; C_2 , H_2 , O_2 - содержание углерода, водорода и кислорода в горчичном масле; 0,23 - массовое содержание кислорода в воздухе; 8/3, 8 - количество кислорода для полного сгорания соответственно углерода и водорода; K_1 , K_2 - процентное соотношение (доза) дизельного топлива и горчичного масла в дизельном смесином топливе (при любом соотношении компонентов их сумма $K_1 + K_2 = 100$ %).

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания дизельного смесиного топлива:

$$G_{вт} = l_{одт} G_{тдст}, \quad (5)$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания смесиного растительно-минерального топлива:

- углекислого газа (кмоль CO_2 / кг дизельного смесиного топлива)

$$M_{CO_2} = \frac{C_1 K_1 \cdot 10^{-2} + C_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{12}; \quad (6)$$

- водяного пара (кмоль H_2O / кг дизельного смесиного топлива)

$$M_{H_2O} = \frac{H_1 K_1 \cdot 10^{-2} + H_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{2}; \quad (7)$$

- кислорода (кмоль O_2 / кг дизельного смесиного топлива)

$$M_{O_2} = 0,208 \cdot (\alpha - 1) \cdot (L_{одт} + L_{огорМ}); \quad (8)$$

- азота (кмоль N_2 / кг дизельного смесиного топлива)

$$M_{N_2} = 0,792 \alpha (L_{одт} + L_{огорМ}), \quad (9)$$

где $L_{одт}$ - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кмоль дизельного топлива, кмоль; $L_{огорМ}$ - теорети-

чески необходимое количество воздуха для сгорания 1 кмоль горчичного масла, кмоль.

Теоретически необходимые количества воздуха для сгорания дизельного топлива, $L_{одт}$ кмоль и горчичного масла, $L_{огорМ}$ кмоль, составят:

$$L_{одт} = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C_1 K_1 \cdot 10^{-2}}{12} + \frac{H_1 K_1 \cdot 10^{-2}}{4} - \frac{O_1 K_1 \cdot 10^{-2}}{32} \right); \quad (10)$$

$$L_{огорМ} = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{12} + \frac{H_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{4} - \frac{O_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{32} \right); \quad (11)$$

Общее количество продуктов полного сгорания (кмоль пр. сг/кг дизельного смесиного топлива)

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = \frac{C_1 K_1 \cdot 10^{-2} + C_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{12} + \frac{H_1 K_1 \cdot 10^{-2} + H_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{2} + 0,208 (\alpha - 1) (L_{одт} + L_{огорМ}) + 0,792 \alpha (L_{одт} + L_{огорМ}). \quad (12)$$

Изменение количества газа при сгорании:

- в весовых соотношениях

$$\Delta M = \frac{11}{3} (C_1 K_1 \cdot 10^{-2} + C_2 K_2 \cdot 10^{-2}) + 9 (H_1 K_1 \cdot 10^{-2} + H_2 K_2 \cdot 10^{-2}); \quad (13)$$

- в объемных соотношениях

$$\Delta M^o = \frac{H_1 K_1 \cdot 10^{-2} + H_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{4} + \frac{O_1 K_1 \cdot 10^{-2} + O_2 K_2 \cdot 10^{-2}}{32} \quad (14)$$

Давление в конце сгорания, МПа, [6]:

$$P_z = P_c + 5,39 \cdot 10^{-4} \frac{i_{sm} g_u H_{удст} (n_1 - 1)}{V_c \cdot 10^{-3}}, \quad (15)$$

где P_c - давление в конце сжатия, МПа; i_{sm} - степень испарения топлива; g_u - цикловая подача топлива, г/цикл; $H_{удст}$ - низшая теплота сгорания смесиного растительно-минерального топлива, МДж/кг; n_1 - показатель политропы сжатия; V_c - объем газа в конце сжатия, л.

Эффективная мощность двигателя, кВт,

$$N_e = \frac{P_e V_h z n}{30 \tau}, \quad (16)$$

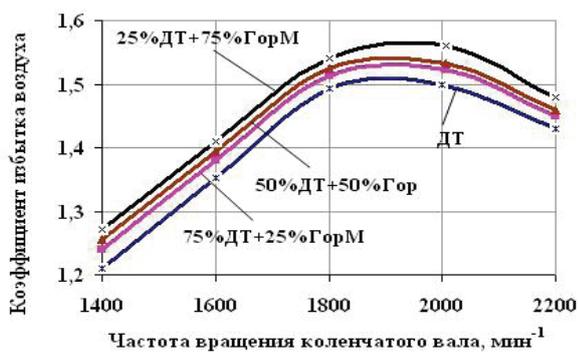
где P_e - среднее эффективное давление, МПа; z - число цилиндров двигателя; V_h - рабочий объем двигателя, л; n - частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹; τ - тактность двигателя.

Удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч,

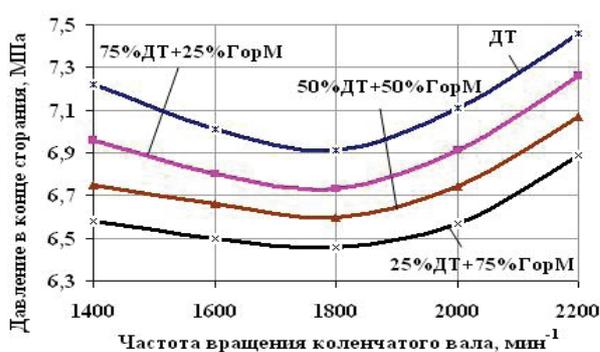
$$g_e = \frac{3600}{H_{удст} \eta_e}, \quad (17)$$

где $\eta_e = \frac{3600}{H_{удст} \eta_e}$ - эффективный коэффициент полезного действия двигателя.

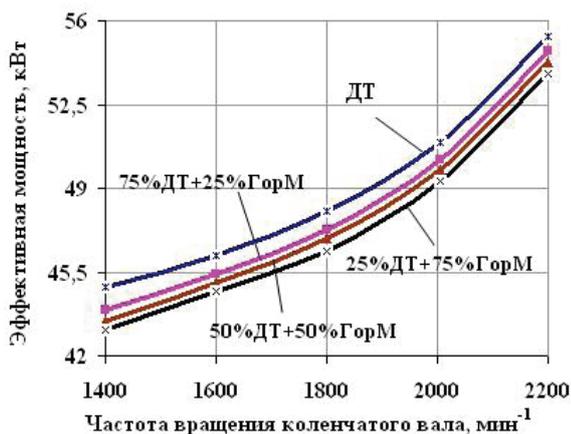
В результате расчетов по уточненной



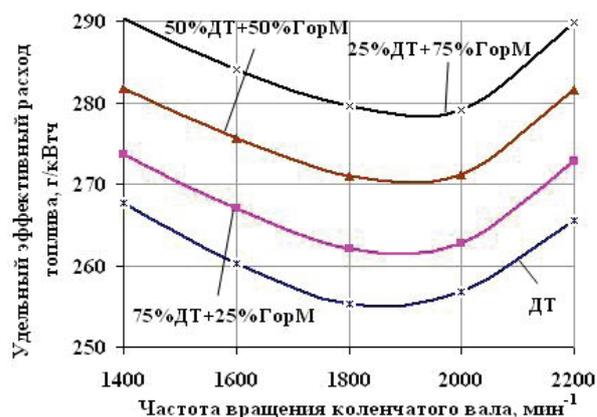
а) коэффициент избытка воздуха



б) давление в конце сгорания



в) эффективная мощность



г) удельный эффективный расход топлива

Рис. Изменение расчетных показателей двигателя Д-243 (4Ч11/12,5) в условиях регуляторной характеристики при работе на топливах различного состава

методике были получены показатели рабочего процесса и эффективные показатели дизеля при работе на различных видах смешанного растительно-минерального топлива. Изменения некоторых из этих показателей в условиях регуляторной характеристики представлены на рисунке. Результаты расчетов показывают, что на всех частотах вращения коленчатого вала, по мере увеличения концентрации горчичного масла в смешанном растительно-минеральном топливе, наблюдается ухудшение показателей рабочего процесса и эффективных показателей дизельного двигателя.

На номинальном режиме при работе на топливе 25% ДТ + 75% ГорМ давление в конце сгорания, по сравнению с работой на ДТ, снизилось на 7,5% (с 7,45 МПа до 6,89 МПа), что явилось следствием увеличения коэффициента избытка воздуха на 3,5% (с 1,43 до 1,48). При этом эффективная мощность дизеля снизилась на 2,7% (с 55,3 кВт до 53,81 кВт), а удельный эффективный расход топлива возрос на 9,2% (с 265,51 г/кВт·ч до 289,87 г/кВт·ч).

На основе сказанного выше можно сделать следующие выводы.

1. Высокая теплотворная способность горчичного масла при примерно одинаковых с рапсовым физико-химических свойствах и благоприятное влияние горчицы на агротехнические характеристики почвы позволяют считать её достойным конкурентом рапсу в качестве источника дизельного моторного топлива.

2. Результаты расчетов показывают, что при работе на растительно-минеральном топливе энергетические показатели дизельного двигателя незначительно ухудшаются, пропорционально повышению в топливе доли горчичного масла.

3. С учетом лучших экологических свойств растительных масел это позволяет считать биотопливо из горчицы одним из перспективных альтернативных моторных топлив.

Библиографический список

1. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. — М.: Изд-во МГАУ им. В.П. Горячкина, 2007. — 400 с., ил.

2. Уханов, А.П. Рапсовое биотопливо / А.П. Уханов, В.А. Рачкин, Д.А. Уханов // Пенза: РИО ПСА. - 2008. – 229 с.

3. **Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения.** - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 68 с.

4. Картамышева Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы сарептской // Е.В.Картамышева «Земледелие» № 4. - 2006 - с.25-26.

5. Болтинский В.Н. Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей/ М.: Сельхозиздат, - 1962. – 391с.

6. Иванов В.А. Оценка эксплуатационных показателей трактора класса 14 кН при работе на растительно-минеральном топливе. Автореф. дис. канд. техн. наук: Пенза., 2010. – 21 с.

УДК 621.43; 631.37

ОЧИСТКА ОТРАБОТАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ

М. М.Замальдинов, инженер, аспирант кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»,

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия».

тел. 8(8422)55-95-13

Ключевые слова: центрифуга, механические примеси, масло, частица.

Приведено теоретическое обоснование процесса очистки отработанных моторных масел методом центрифугирования. На основании теоретических закономерностей, описывающих истечение жидкостей из сопла центрифуг, определены критерий сепарации и количество отделяемых частиц из потока очищаемого масла.

Для подтверждения полученных теоретических зависимостей проведены исследования по выбору режимов центрифугирования от состояния системы «масло – микропримеси».

Особенности сельскохозяйственного производства требуют применения простых, надёжных и эффективных методов продления срока службы масел, заливаемых в двигатели внутреннего сгорания.

Отработанные масла подлежат очистке, при которой происходит удаление загрязняющих их примесей и воды, после чего эти масла можно повторно использовать наряду со свежими маслами соответствующих марок. Отработанные минеральные масла очищают различными методами с использованием разнообразных технических средств. Широкое применение получили технические средства очистки отработанных масел в силовых полях. К ним относят различного рода центрифуги и сепараторы.

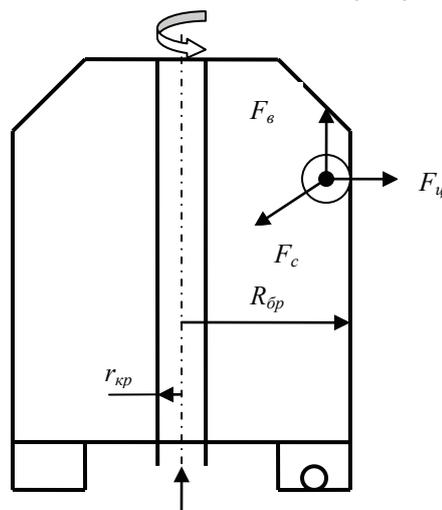


Рис. 1. - Силы, действующие на частицы в поле динамической системы «ротор центрифуги – жидкое тело»