

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СМЕСЯХ РАПСОВОГО МАСЛА С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

А.Н. Карташевич, докт. техн. наук, профессор, В.С. Товстыка, аспирант (УО БГСХА);  
С. А. Плотников, канд. техн. наук, доцент (Кировский филиал Московского государственного  
индустриального университета)

### Аннотация

*В статье изложены результаты экспериментальных исследований работы топливного насоса высокого давления на смесях рапсового масла с дизельным топливом. Показано изменение температуры испытываемого топлива в головке насоса от концентрации рапсового масла в смеси. Построены зависимости ввода теплоты в цилиндр дизеля с помощью топливного насоса высокого давления (ТНВД) при изменении концентрации рапсового масла в дизельном топливе.*

### Введение

На фоне ухудшающейся экологической ситуации в мире и истощения запасов нефти все чаще стали применять, так называемые, альтернативные топлива, в частности, топлива, получаемые из растительных масел. Для европейских условий Республики Беларусь наиболее перспективным считается применение в дизелях альтернативных возобновляемых топлив на основе рапсового масла (РМ). Использование возобновляемых источников энергии с целью усиления энергетической безопасности страны предусмотрено в перечне государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований, в Указе президента Республики Беларусь № 315 от 6 июля 2005 г. и директиве президента Республики Беларусь № 3 от 14 июня 2007 г.

### Основная часть

Применять РМ в дизелях возможно, как в чистом виде, так и в смеси с традиционным дизельным топливом (ДТ). Одной из отличительных особенностей масла от ДТ является его повышенная вязкость. Значение кинематической вязкости дизельного топлива при температуре 40°C должно находиться в пределах 2...4,5 сСт [1, 2]. Вязкость рапсового масла на порядок выше этого показателя и при температуре 40°C составляет 34 сСт (рис. 1). Однако вязкость РМ и смесевых топлив зависит от их температуры. Например, при  $t=0$  °C этот показатель для РМ составляет 185 сСт. При повышении температуры до 50 °C вязкость равна 24,5 сСт. Для достижения значения 4,5 сСт масло необходимо подогреть до температуры 120...150°C. Вязкость смеси с концентрацией рапсового масла до 20 % соответствует требованиям, предъявляемым к дизельному топливу. Изменение вязкости смесевых топлив в зависимости от температуры представлено на рис. 1.

Увеличение концентрации РМ в смеси с ДТ увеличивает вязкость топлива. Данные, представленные на рис. 1, показывают, что, чем выше содержание РМ в смеси, тем быстрее увеличивается её вязкость с уменьшением температуры. Повышенная вязкость улучшает смазывание плунжерных пар. На поверхностях трения образуется демпфирующая плёнка уже при 5 % масла в смеси. Это обстоятельство вызывает снижение суммарного массового износа

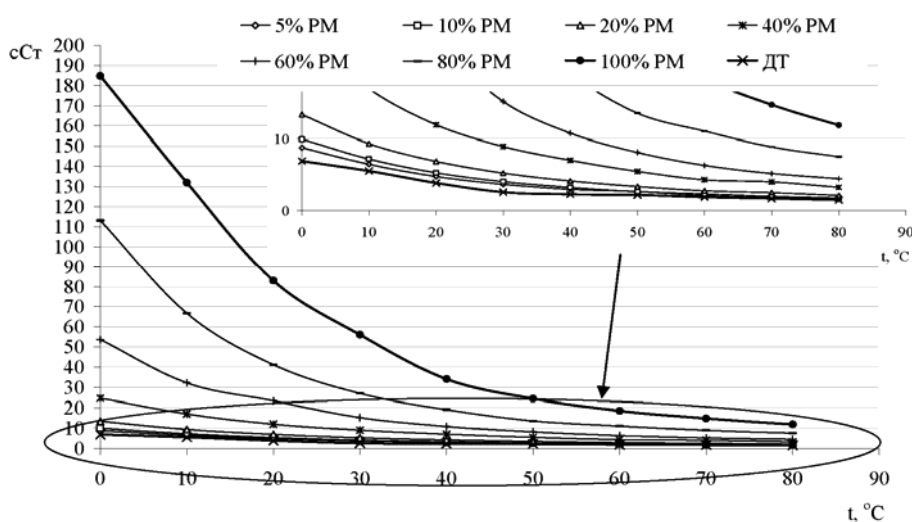


Рисунок 1. Зависимости кинематической вязкости смесей дизельного топлива с рапсовым маслом от температуры

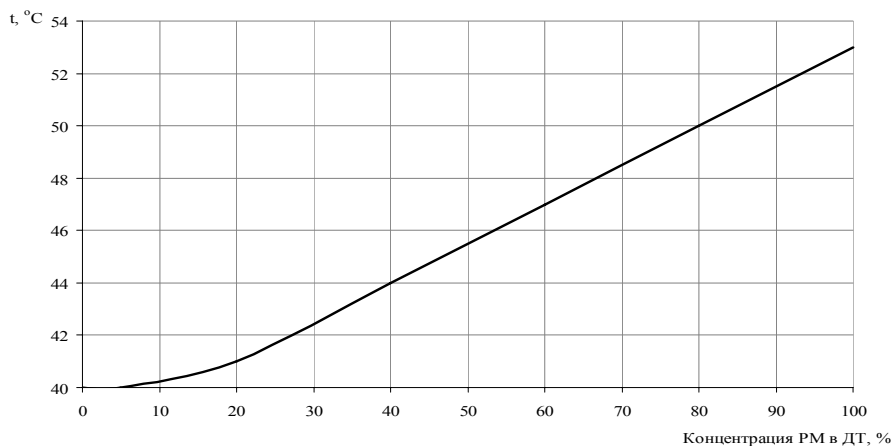
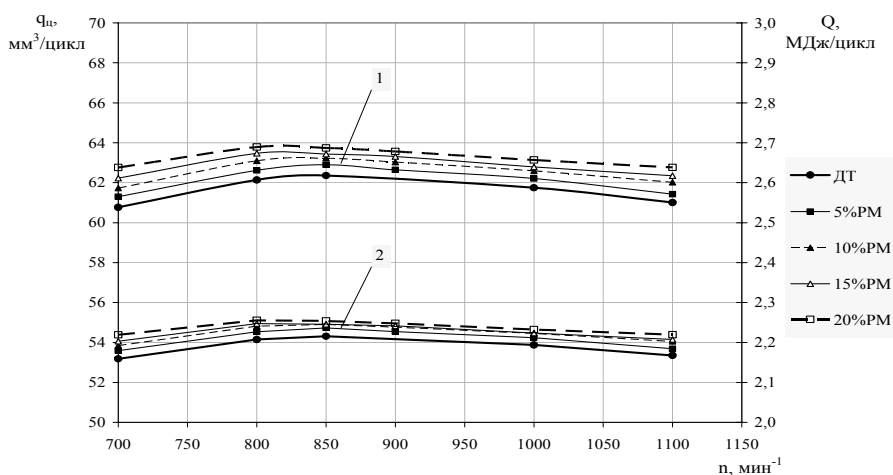
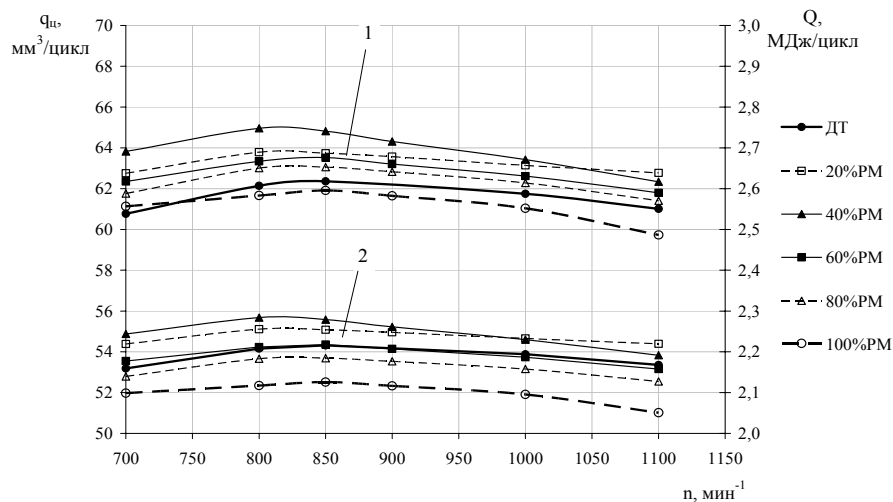


Рисунок 2. Зависимости температуры испытываемого топлива в головке насоса от концентрации рапсового масла в смеси



а)



б)

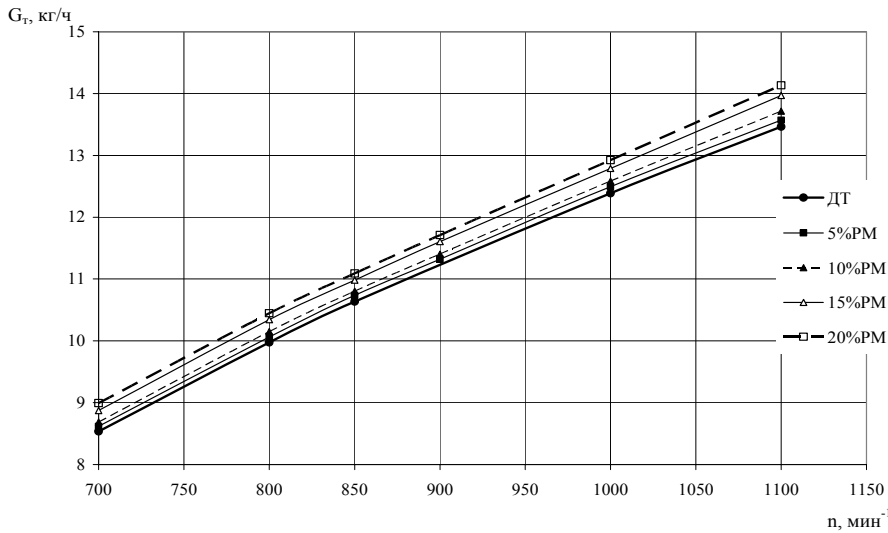
Рисунок 3. Скоростная характеристика топливного насоса: а – смешевые топлива с концентрацией рапсового масла до 20%; б – смешевые топлива с концентрацией рапсового масла до 100%;  $q_v$  – цикловая подача топлива (1);  $Q$  – вводимая с топливом теплота за цикл (2)

сопряжения плунжер-втулка. Однако использование топлив с повышенной вязкостью увеличивает нагрузки на детали ТНВД [3, 4].

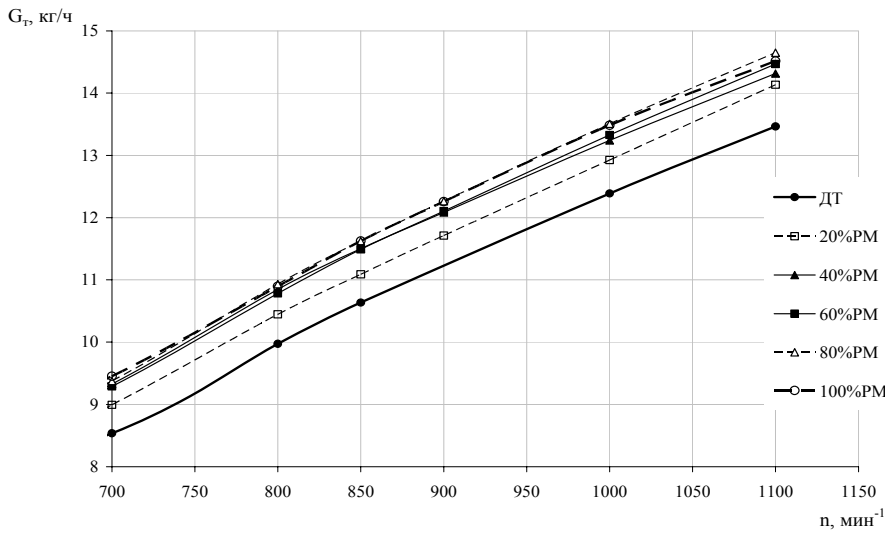
Вязкость представляет собой свойство частиц жидкости, оказывающее сопротивление взаимному перемещению под действием внешней силы. В соответствии с этим определением можно сделать вывод, что с увеличением вязкости увеличивается сопротивление взаимному перемещению частиц жидкости, что требует дополнительной энергии и ведёт к нагреву среды. В результате исследования работы ТНВД было замечено, что температура смешевоего топлива в головке топливного насоса высокого давления повышалась при увеличении концентрации масла в смеси с ДТ до 53 °С, при испытании РМ. Нагрева не было зафиксировано при использовании смеси с концентрацией рапсового масла 5 % (рис. 2).

На рис. 3 представлена скоростная характеристика топливного насоса высокого давления при включённом регуляторе. Исследования проводились на топливном насосе 4УТНМ, устанавливаемом на дизеле Д-243 Минского моторного завода. В качестве топлив использовалось ДТ летнее, его смеси с концентрацией рапсового масла 5%, 10%, 15%, 20%, 40%, 60%, 80% и чистое рапсовое масло холодного отжима.

Как видно на рис. 3, цикловая подача при увеличении содержания рапсового масла в смеси до 20% увеличивается на всех режимах работы. Цикловая подача топлива с концентрацией РМ 40% на номинальном режиме работы ниже, чем при использовании топлива с концентрацией РМ 20%. Однако при снижении частоты вращения ниже 1050 мин<sup>-1</sup> цикловая подача топлива 20%РМ+80%ДТ превышает цикловую подачу топлива 40%РМ+60%ДТ. При даль-



а)



б)

**Рисунок 4. Часовой расход топлива:**

а – смесевые топлива с концентрацией рапсового масла до 20%;  
б – смесевые топлива с концентрацией рапсового масла до 100%

нейшем увеличении концентрации – 60%, 80% и 100% масла, наблюдается снижение цикловой подачи смешанного топлива на всех режимах работы насоса. Данное обстоятельство можно объяснить влиянием на показатели двух явлений: снижение утечек через неплотности плунжерных пар и недостаточно полное заполнение надплунжерного пространства.

При концентрации рапсового масла до 40% преобладает снижение утечек, в то время как заполнение надплунжерного пространства остаётся достаточно хорошим. При дальнейшем увеличении количества масла в смеси с ДТ худшее заполнение пространства над плунжером уже не может быть компенсировано снижением утечек, что приводит к снижению цикловой подачи. По сравнению с работой на дизельном топливе цикловая подача выше для всех исследуемых образцов топлива,

кроме чистого рапсового масла, для которого её значение на номинальном режиме ниже на 2 %.

Изменение количества вводимой с топливом теплоты происходит аналогично с изменением цикловой подачи. С тем лишь различием, что при использовании в качестве топлива смесей с содержанием рапсового масла 20 и 40 % в цилиндр вводится большее количество теплоты, чем с ДТ, а с содержанием РМ 80 и 100 % – меньше. По сравнению с ДТ количество вводимой теплоты с РМ на 5,4 % ниже. Характерной особенностью является равенство вводимой теплоты для чистого дизельного топлива и смеси 60%РМ + 40%ДТ.

Изменение часового расхода топлива при увеличении концентрации РМ в смеси происходит по несколько другой зависимости. В связи с тем, что РМ имеет более высокое значение плотности, на рис. 4 мы наблюдаем однонаправленное изменение часового расхода топлива. Он увеличивается с увеличением концентрации РМ. Наблюдается практически идентичное расположение кривых, отражающих изменение данного показателя для смеси с концентрацией масла 80% и чистого рапсового масла. На номинальном режиме для чистого рапсового масла это увеличение составляет 7,8%.

Рассмотрим характеристики топливоподачи ТНВД. В связи с тем, что при работе дизеля и топливной аппаратуры на смешанном топливе величина цикловой подачи изменяется, необходимо скорректировать и закон топливоподачи.

В реальных условиях установленную заводом-изготовителем топливной аппаратуры зависимость подвода теплоты в цилиндры от хода рейки можно представить прямой линией (линия 1 на рис. 5). При увеличении концентрации РМ до 40% характеристика подвода теплоты (линия 3) изменяется в сторону увеличения. При концентрации рапсового масла в смеси 80 и 100% изменения происходят в сторону уменьшения подачи теплоты (линия 4) – 100% РМ. Соответственно для сохранения мощностных параметров работы двигателя в номинальном режиме, соответствующем требованиям завода-изготовителя, для 40% РМ закон подачи теплоты необходимо скорректиро-

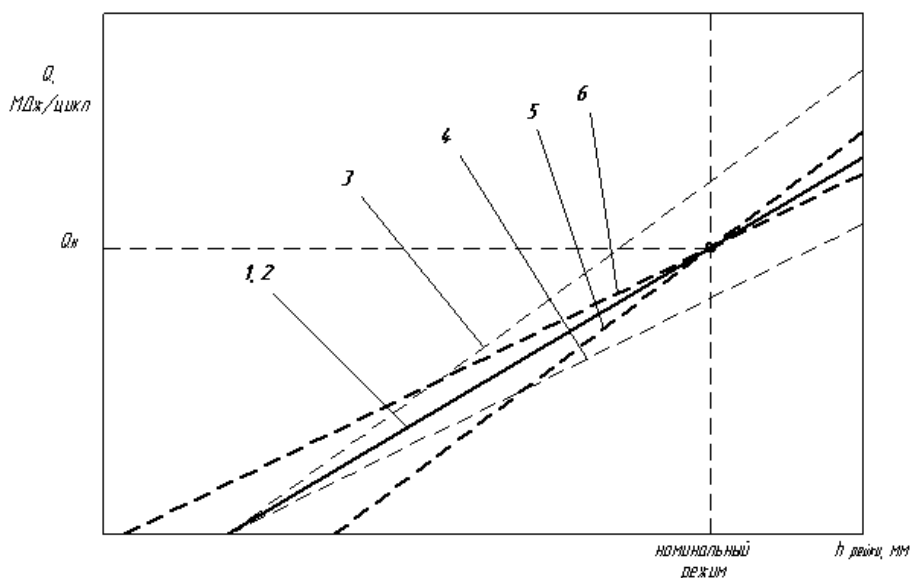


Рисунок 5. Характеристики подвода теплоты с помощью ТНВД:  
1 – зависимость  $Q = f(h)$  для ДТ; 2 – зависимость  $Q = f(h)$  для смеси 40% ДТ + 60% РМ; 3 – зависимости  $Q = f(h)$  для смеси 60% ДТ + 40% РМ; 4 – зависимости  $Q = f(h)$  для 100% РМ; 5 – зависимости  $Q = f(h)$  для смеси 60% ДТ + 40% РМ с учетом регулировки насоса; 6 – зависимости  $Q = f(h)$  для 100% РМ с учетом регулировки насоса

вать, и он примет вид линии 5. Соответственно подача топлива будет прекращаться при более низких частотах, т.е. будет уменьшаться частота холостого хода и при этом увеличится запас крутящего момента. Для концентрации 100% РМ закон подачи теплоты примет вид линии 6. Соответственно подача топлива будет прекращаться при более высоких частотах, т.е. увеличится частота холостого хода и при этом уменьшится запас крутящего момента. Эксперимент показал, что смесь с содержанием 60 % РМ и 40 % ДТ позволяет получить закон подачи теплоты, аналогичный для дизельного топлива.

ренного сгорания / В. Лютко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.

3. Быченин, А.П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесового минерально-растительного топлива: автореф... дис. канд. техн. наук: 05.04.02. / А.П. Быченин. – Пенза: ВИМ, 2007.

4. Грехов, Л. В. Топливная аппаратура и системы управления для дизелей: учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 334 с.

## Выводы

1. С увеличением концентрации РМ в смеси с ДТ наблюдается повышение температуры топлива в головке ТНВД с 40 до 53 °С.

2. Применение смесевых топлив изменяет показатели впрыскивания топливного насоса высокого давления.

3. Смесь с содержанием 60% РМ и 40% ДТ позволяет получить закон подачи теплоты в цилиндр дизеля идентичный закону подачи теплоты для дизельного топлива.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А.Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2007. – 264 с.

2. Лютко, В. Применение альтернативных топлив в двигателях внут-