

- Минск: Изд-во Акад. Наук БССР, 1954. – 357 с.

3. Антошин, И.М. Теоретические основы массообменных процессов пищевых производств / И.М. Антошин. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 344 с.

4. Патент РФ № 2436630. Устройство

для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин; Оpubл. 20.12.2011 г. Бюл. № 35.

5. Карпов, Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна. - М.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.

УДК 623.436

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ-ДОЗАТОРА ДИЗЕЛЬНОГО СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА

Уханов Александр Петрович*, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО « Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»*
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30
Тел.: (8412)628-517 E-mail: dspgsha@mail.ru

Голубев Владимир Александрович**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»
Тел.: 8-842-31-11-44

E-mail: golubevugsha@mail.ru

Киреева Наталья Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика»

E-mail: kireeva/23@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»**

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; Тел: 8-842-31-11-44.

Ключевые слова: дизельное смесевое топливо, топливная система низкого давления дизеля, смеситель-дозатор топлива, горчичное масло, горчично-минеральное топливо, параметры

Предложена конструкция статического смесителя-дозатора, обеспечивающего приготовление смесевое топлива в системе питания дизеля непосредственно в процессе работы трактора. Выполнено теоретическое обоснование конструктивных и режимных параметров и представлены результаты лабораторных исследований смесителя-дозатора топлива.

В соответствии с ГОСТ Р 52808-2007 одним из видов моторного топлива для с.-х. тракторов является дизельное смесевое топливо (ДСТ), которое в наименьшей степени требует конструктивной адаптации двигателя и имеет незначительные отклонения показателей физических и теплотворных свойств от соответствующих свойств минерального дизельного топлива (ДТ) [1, 2, 3]. Наиболее целесообразным, по техническим и экономическим соображениям, является приготовление ДСТ непосредственно в системе питания двигателя в процессе рабо-

ты тракторного агрегата [4]. Для этого в топливную систему низкого давления дизеля (ТСНД) устанавливаются смеситель-дозатор топлива, имеющий два входных и один выходной канал. Входные каналы соединены топливопроводами с баками минерального ДТ и растительного масла, выходной канал – с топливоподкачивающим насосом (ТПН).

Наличие в ТСНД относительно длинных трубопроводов, имеющих различное проходное сечение, приводит к появлению в трубопроводах потоков, направленных поперек основного потока движения жидкости и создает завихрения, способствующие

интенсивному перемешиванию жидкости [5]. Поэтому основное назначение смесителя-дозатора в ТСНД – соблюдение заданной концентрации компонентов в процессе приготовления ДСТ и его первичное перемешивание [6]. Это позволяет упростить конструкцию смесителя и обеспечить необходимую скорость движения компонентов при приготовлении ДСТ за счет разрежения штатного ТПН.

Статический смеситель-дозатор топлива [7] состоит из корпуса 1 (рис. 1), имеющего патрубки 2 и 13 для подачи минерального ДТ и выхода смесевого горчично-минерального топлива, патрубка 4 для подачи ГорМ, герметично установленного в корпусе дозатора 3 минерального ДТ. Патрубок 4 имеет отверстия 7 для подачи в корпус 1 ГорМ и служит направляющей для втулки дозатора ГорМ 9, которая имеет отверстия идентичные отверстиям 7. На торце втулки 9 расположен клапан 5 дозатора минерального ДТ 3. Радиальные отверстия 6 втулки 9 перекрывают отверстия 7 патрубка 4 и открывают их по мере увеличения разрежения. Втулка 9 удерживается в крайнем (закрытом) положении пружиной 12, а ее максимальное перемещение ограничивается винтом 10, который одновременно крепит заглушку 11, служащую упором для пружины 12. Для первичного перемешивания горчично-минеральной смеси служит винтовая перегородка 8, установленная неподвижно на поверхности втулки 9.

Под воздействием разрежения, создаваемого ТПН, преодолевается сопротивление пружины 12, открывается клапан 5 и через патрубок 2 в корпус 1 начинает поступать минеральное ДТ. Перемещение клапана 5 вызывает соответствующее перемещение втулки 9 и открытие отверстий 6 и 7, через которые в струю движущегося по винтовой перегородке 8 минерального ДТ начинает поступать в смесительную камеру 14 и смешиваться с ним ГорМ. Степень перемешивания компонентов улучшает конусная заглушка 11, которая дросселирует смесь при входе в патрубок 13 выхода ДСТ. В случае возникновения избыточного давления на выходе из смесителя-дозатора,

например, при аварийной остановке или изменении нагрузочно-скоростного режима двигателя, клапан 5 дозатора минерального ДТ и отверстия 6 и 7 перекрываются, выполняя функции обратных клапанов. Заданное соотношение компонентов ДСТ достигается пропорциональным изменением проходных сечений клапана 5 дозатора минерального ДТ и отверстий 6 и 7 дозатора ГорМ.

Известно, что в статических винтовых смесителях степень перемешивания можно улучшить диспергированием подмешиваемой жидкости из отверстий дозатора [8]. При малых скоростях истечения жидкости (ламинарный режим), наилучшее качество смешивания наблюдается при капельном режиме, который имеет место при соблюдении

$$V_{\text{од}} < V_{\text{кр}} = \frac{\sqrt{8 \cdot \sigma_{\text{ГорМ}}^t \cdot \psi}}{\sqrt{\rho_{\text{ГорМ}}^t \cdot d_{\text{эод}}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{иä}}$ – скорость истечения ГорМ из отверстий дозатора, м/с; $V_{\text{ëñ}}$ – критическая скорость, при которой кап. режим переходит в струйный, м/с; $\sigma_{\text{ГорМ}}^t$ – коэффициент поверхностного натяжения ГорМ; ψ – коэффициент сужения капли; $\rho_{\text{ГорМ}}^t$ – плотность горчичного масла, кг/м³; $d_{\text{эод}}$ – эквивалентный диаметр отверстия дозатора, м.

Подставив в формулу (1) выражение скорости истечения $V_{\text{иä}}$ через максимальный объемный расход топлива $Q_{\text{ГорМ}}$, найдем

$$d_{\text{эод}} > 3 \sqrt{\frac{2 \cdot Q_{\text{ГорМ}}^2 \cdot \rho_{\text{ГорМ}}^t}{\pi^2 \cdot n_{\text{од}}^2 \cdot \sigma_{\text{ГорМ}}^t \cdot \psi}}, \quad (2)$$

где $n_{\text{од}}$ – количество отверстий дозатора ГорМ.

По результатам расчетов по формуле (2) принимаем отверстия прямоугольного сечения с размером основания $a_{\text{од}} = 2,5$ мм.

Высота отверстий дозатора, определяющая их проходное сечение, зависит от величины перемещения ($L_{\text{д}}$) втулки 9 дозатора. Тогда объемный расход ГорМ через отверстия дозатора можно определить по формуле

$$Q_{\text{ГорМ}} = a \cdot L_{\text{д}} \cdot e^{-b \cdot L_{\text{д}}}, \quad (3)$$

где a_1 и b – эмпирические коэффициенты (определяются экспериментальным путем).

Для получения ДСТ с заданным соотношением компонентов необходимо соблюдать условие

$$Q_{\text{ДСТ}} = K_{\text{ГорМ}} \cdot Q_{\text{ДСТ}} + K_{\text{ДТ}} \cdot Q_{\text{ДСТ}},$$

$$Q_{\text{АНО}} = Q_{\text{Аи}} \cdot \delta_i + \epsilon_{\text{АНО}} \cdot Q_{\text{АО}} \cdot \delta_{\text{Аи}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{ГорМ}}$ – доля ГорМ в ДСТ; $K_{\text{ДТ}}$ – доля минерального ДТ в ДСТ.

Соблюдение условия (4) возможно при согласовании расходов минерального ДТ и ГорМ через отверстия дозаторов минерального ДТ и ГорМ. Например, при соотношении компонентов ДСТ 50:50, используя формулу для определения объемного расхода жидкости [9] через отверстия и учитывая, что разрежение в отверстиях, их количество и выс

$$a_{\text{од}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{ГорМ}}^t}} = a_{\text{ок}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{ДТ}}^t}},$$

$$\sqrt{\rho_{\text{Аи}} \cdot \delta_i} \quad \sqrt{\rho_{\text{АО}}}, \quad (5)$$

где $a_{\text{ок}}$ – размер основания отверстия, м.

$$a_{\text{ок}} = a_{\text{од}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{ДТ}}^t}{\rho_{\text{ГорМ}}^t}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{Аи}} \cdot \delta_i}{\rho_{\text{АО}}}}. \quad (6)$$

В результате расчетов по формуле (6) принимаем отверстие прямоугольного сечения с основанием $a_{\text{ок}} = 2,25$ мм. Объемный расход минерального ДТ для различных положений клапана определяется по эмпирическому выражению (3).

Ширину винтового канала смесительной камеры ($a_{\text{вк}}$) принимаем, исходя из размеров капель при диспергировании растительного масла [8] по условию:

$$a_{\text{вк}} > d_{\text{к}} = 1,9 \cdot d_{\text{зод}},$$

$$a_{\text{вк}} > d_{\text{е}} = 1,9 \cdot d_{\text{уа}}. \quad (7)$$

Длину смесительной камеры ($L_{\text{см}}$) определяем из соотношения [10]:

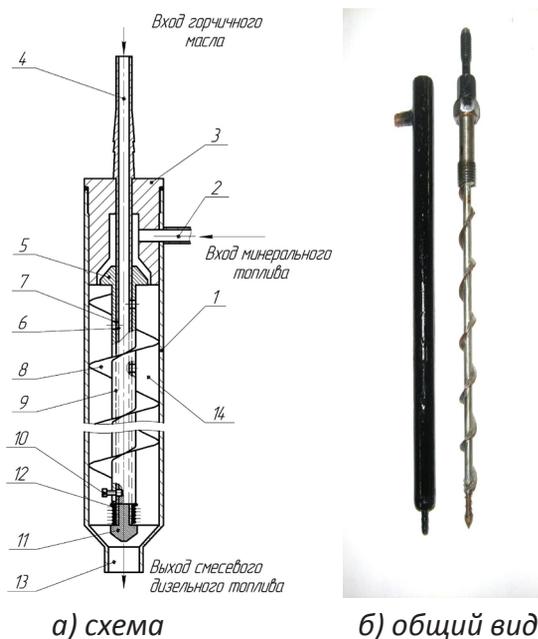
$$L_{\text{см}} > 8 \cdot d_{\text{см}}, \text{ м},$$

$$L_{\text{вк}} > 8 \cdot d_{\text{вк}}, \text{ м}, \quad (8)$$

где $d_{\text{к}}$ – диаметр капли, м; $d_{\text{см}}$ – внутренний диаметр смесителя, м.

В результате расчетов получены следующие размеры смесительной камеры: $a_{\text{вк}} = 0,005$ м; $L_{\text{см}} = 0,18$ м.

Для уточнения расчетных конструк-



а) схема б) общий вид
Рис.1 – Смеситель-дозатор топлива (расположение деталей соответствует максимальной подаче): 1 – корпус; 2, 4, 13 – патрубки; 3 – дозатор минерального дизельного топлива; 5 – клапан дозатора минерального дизельного топлива; 6, 7 – отверстия подачи горчичного масла; 8 – винтовая перегородка; 9 – втулка дозатора горчичного масла; 10 – винт ограничитель; 11 – заглушка; 12 – винтовая пружина; 13 – патрубков выхода смешанного топлива; 14 – смесительная камера

тивных параметров дозирующих устройств смесителя-дозатора топлива и определения значений эмпирических коэффициентов a_1 и b были проведены исследования на объемный расход компонентов ДСТ при свободном истечении топлива из ТПН ($P_{\text{вых}} = 0$) на стенде КИ-22205-01-ГОСНИТИ. При этом патрубков подачи минерального ДТ 2 (рис. 1) соединялся гибкими топливопроводами через кран 5 (рис. 2) и фильтр 2 с мерной емкостью 8 минерального ДТ, а патрубков выхода ДСТ смесителя-дозатора 13 (рис. 1) соединялся с входом ТПН.

Патрубок 4 подачи ГорМ смесителя-дозатора (рис. 1) соединялся с мерной емкостью ГорМ 6 (рис. 2) через фильтр 3 и переключатель состава смеси (ПСС) 1, снабженный градуированной шкалой. ПСС использовался для изменения объемного рас-

хода ГорМ при получении ДСТ с различным содержанием ГорМ.

Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рисунке 3.

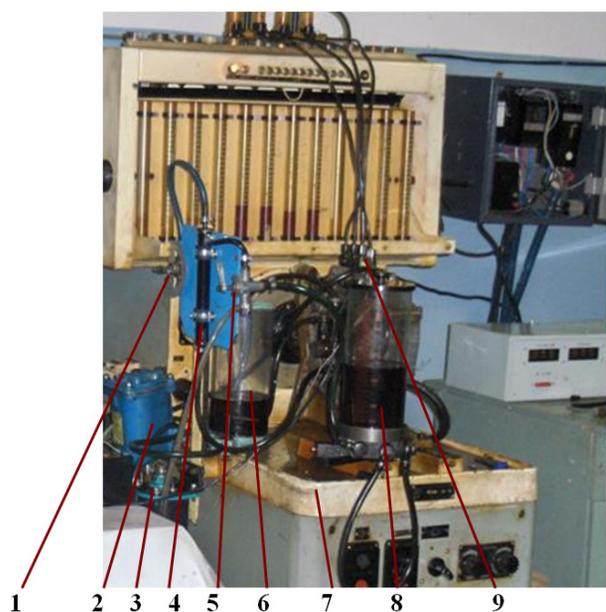


Рис. 2 – Общий вид экспериментальной безмоторной установки: 1 – переключатель состава смеси; 2 – фильтры минерального дизельного топлива; 3 – фильтр горчичного масла; 4 – смеситель-дозатор топлива; 5 – кран подачи минерального топлива; 6 – мерная емкость горчичного масла; 7 – стенд КИ-22205-01-ГОСНИТИ; 8 – мерная емкость минерального топлива; 9 – насос топливный УТН-5А

Анализ полученных результатов показывает, что перемещение втулки дозатора вызывает увеличение объемного расхода минерального ДТ, причем представленная зависимость имеет характер кривой насыщения (рис. 3а). Так, при перемещении втулки дозатора от 0 до 0,3 мм объемный расход минерального ДТ увеличивается на 0,9 л/мин, а при перемещении от 2,1 до 2,4 мм на 0,03 л/мин.

Зависимости объемного расхода ГорМ от перемещения втулки дозатора (рис. 3б) на разных режимах работы линии подачи ГорМ, задаваемых ПСС, носят сходный характер с зависимостью на рис. 3а. Это подтверждает возможность получения ДСТ с заданным содержанием ГорМ при определенном положении ПСС.

В результате математической обработки результатов исследований получены численные значения эмпирических коэффициентов для расчета объемных расходов компонентов смесового топлива через отверстия дозаторов по формуле (3). Численные значения коэффициента «а», при положении ПСС в точках со значением 10, 20, 30, 40 и 50 градусов угла поворота переключателя составляют соответственно 0,77, 1,54, 2,31, 3,10 и 3,87. Численное значение коэффициента «b» является постоянным (b = 0,46). Полученные значения коэффициентов позволяют уточнить конструктивные па-

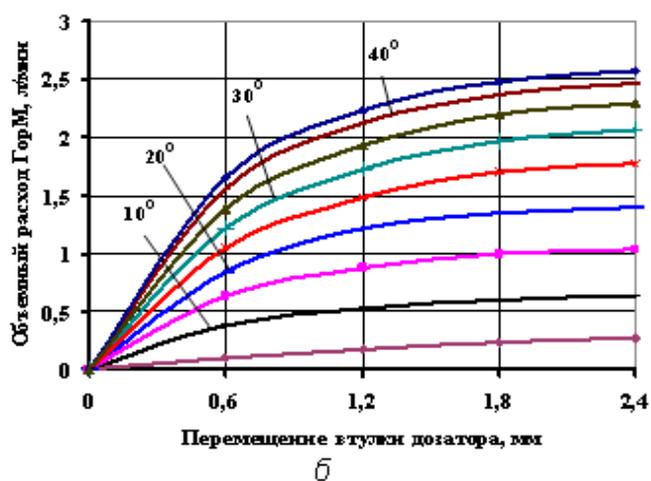
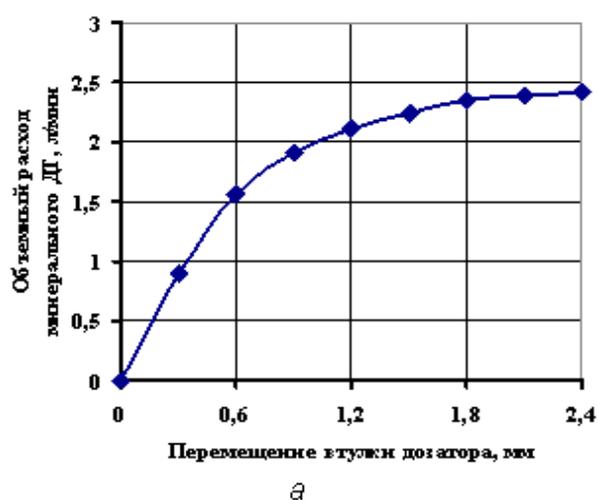


Рис. 3 – Зависимость объемного расхода от перемещения втулки дозатора: а – минеральное дизельное топливо; б – горчичное масло

Таблица 1

Результаты оценки работы дозирующих устройств при максимальной подаче топлива и частоте вращения кулачкового вала ТНВД 1100 мин⁻¹

Показатели	Положение переключателя состава смеси, град										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Средний объемный расход ГорМ, см ³ /мин	0	31	58	85	109	128	144	158	167	175	177
Средний объемный расход ДТ, см ³ /мин	312	282	254	228	205	188	172	160	153	145	1144
Средний объемный расход ДСТ, см ³ /мин	312	313	312	313	314	316	316	318	320	320	321
Содержание ГорМ в ДСТ, %	0	9,8	18,6	27,1	33,7	39,6	44,6	47,9	49,3	50,6	51,4

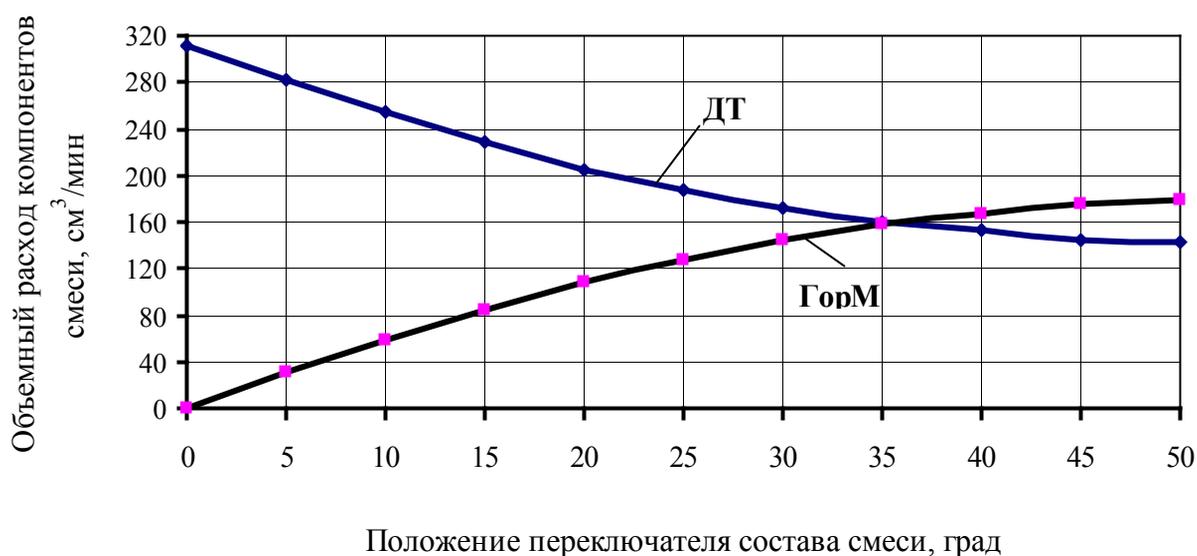


Рис. 4 – Зависимость объемных расходов горчичного масла и минерального дизельного топлива от положения переключателя состава смеси

раметры дозирующих устройств смесителя-дозатора.

Результаты исследований по оценке работы дозирующих устройств представлены в таблице 1.

Результаты исследований (см. табл. 1 и рис. 4) показывают, что по мере увеличения проходного сечения ПСС концентрация горчичного масла в ДСТ возрастает. Причем, в соответствии с выявленными закономерностями,

увеличение содержания ГорМ в ДСТ при малых углах положения ПСС происходит гораздо быстрее, чем при больших. Так, при изменении положения ПСС от 0 до 15 град., содержание ГорМ в смесевом топливе увеличивается на 27,1% (с 0 см³/мин до 85 см³/мин). При изменении положения ПСС от 35 до 50 град. содержание ГорМ увеличивается всего на 3,5% (с 158 см³/мин до 177 см³/мин).

Полученные зависимости (см. рис. 4) позволяют определить положение ПСС для получения смесевых топлив различного состава. Например, для получения смесевых топлив 50% ГорМ + 50% ДТ необходимо установить ПСС в положение 35 град., а для получения смесевых топлив 25% ГорМ + 75% ДТ – в положение 14 град.

Выводы

1. Для смешивания и дозирования компонентов ДСТ при малых расходах топлива (1,5-25 л/мин) предложена конструкция статического смесителя-дозатора топлива, действие дозирующих устройств которого основано на разрежении, создаваемом ТПН.

2. Предлагаемая конструкция смесителя-дозатора топлива обеспечивает приготовление смесевых топлив в системе питания дизеля непосредственно в процессе работы тракторного агрегата.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 52808-2007 Энергетика биотоплива. Термины и определения. - Действ. 01.01.2009. – 10 с.

2. Уханов, А.П. Результаты моторных исследований горчичного биотоплива / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, В.А. Голубев, Р.К. Сафаров, Д.С. Шеменев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – №5. – С. 7-10.

3. Уханов, А.П. Перспективы использования биотоплива из горчицы / А.П. Уханов, В.А. Голубев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1 (13). – С. 88-90.

4. Голубев, В.А. Использование расти-

тельных масел в качестве биокомпонента дизельных смесевых топлив // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы III Международной НПК. – Ульяновск: УГСХА, 2011. - С. 225-229.

5. Штербачек, З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Гос. науч.-техн. изд-во хим. лит-ры, 1963. – 416 с.

6. Уханов, А.П. Устройства для приготовления растительно-минерального топлива / А.П. Уханов, В.А. Чугунов, В.А. Голубев // Нива Поволжья. – 2010. – № 4 (17). – С. 63-67.

7. Патент на полезную модель 109012 Россия, МПК В 01 F 15/04, F 02 М 43/00. Смеситель-дозатор топлива / А.П. Уханов, В.А. Голубев, Е.С. Зыкин. - №2011128030/03; Заявл. 07.07.2011; Опубл. 10.10.2011, Бюл. № 12.

8. Генералов, М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИКЦ Академкнига, 2004. – 397 с.

9. Артемьева, Т.В. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин. Под ред. С.П. Стесина. – 4-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 336 с.

10. Морданов, С.В. Применение статических смесителей в системах водочистки ТЭЦ / С.В. Морданов, В.А. Никулин, С.С. Пецура, С.Н. Сыромятников // Реконструкция энергетики-2011: Сб. докладов III Всероссийской конференции. – М.: ООО «ИНТЕХЭКО. - 2011. - 188 с.