

**Abstract.** The work deals with the oscillating process of reciprocation of the drive, which is widely used in various machines.

УДК 621.9.048.6

**Щурин К.В.**, доктор технических наук, профессор;  
**Романюк Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Еднач В.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Паныш Ю.Н.**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ**

***Аннотация.** Разработаны методика реализации рациональных магнитотропных параметров и новые авторские конструкции магнитных активаторов, создающих переменное магнитное поле постоянными магнитами путем комбинирования ориентации их полюсов. Рассмотрены методы косвенной оценки эффективности процесса магнитной активации немагнитных жидких сред, и в качестве приоритетного рекомендован метод сравнительной оценки вязкости рабочей жидкости до активации и после неё.*

В настоящее время дальнейшие высокие темпы повышения энергетических и экологических показателей тепловых двигателей для их сложившихся рабочих процессов представляются маловероятными [1]. Основной характеристикой качества топлива, формирующей показатели его энергетической и экологической эффективности, является теплотворная способность, которая преимущественно зависит от полноты сгорания топлива. Применительно к жидким топливам величина низшей теплотворной способности  $Q_n$  (МДж/кг) определяется по эмпирической формуле Д.И. Менделеева:

$$Q_n = 0,339[C] + 1,256[H] + 0,109[S] - 0,109[O] - 0,025[W], \quad (1)$$

в скобках указано процентное массовое содержание соответствующих химических элементов – углерода, водорода, серы, кисло-

рода и влаги  $W$  в составе топлива; 0,339, 1,256, 0,109 – теплоты сгорания, необходимые для сжигания 1 % соответствующего элемента.

Отличительной особенностью молекул компонентов в составе немагнитных жидких сред, является межмолекулярное взаимодействие, в результате которого образуются устойчивые системы – кластеры (ассоциаты) [1–4], состоящие из большого числа молекул.

Образованию молекулярных кластеров способствуют многие факторы, например, длительность хранения топлива в емкостях, температура среды, электростатическое взаимодействие с деталями топливной системы и др. При воспламенении топлива в камерах сгорания наличие молекулярных кластеров существенно затрудняет превращение полной химической энергии в тепловую, поскольку значительная часть молекул в момент воспламенения недоступна для кислорода [1–4]. Задачей повышения энергетической и экологической эффективности является повышение теплотворной способности топлива путем дефрагментации молекулярных кластеров до выделения отдельных молекул.

Малоэнергетические внешние воздействия позволяют без заметных дополнительных энергетических затрат или с использованием внутренних резервов вещества перестраивать его структуру. В результате достигаются эффекты, соответствующие увеличению или, напротив, снижению упорядоченности в надмолекулярной структуре веществ. При этом чаще всего используют введение присадок и внешние физические воздействия – ультразвуковые, электрические, электромагнитные, магнитные и другие [4–9], позволяющие повысить степень упорядоченности внутримолекулярных и надмолекулярных структур. Это способствует достижению ***цели настоящего исследования – повышению КПД двигателя и снижению количества вредных компонентов выхлопных газов за счет увеличения полноты сгорания топлива*** посредством его физико-химической активации с выделением дополнительной тепловой энергии и, как следствие, увеличением энтальпии рабочих процессов. Среди названных малоэнергетических физических воздействий в наибольшей степени апробированы ультразвуковые, электромагнитные и магнитные методы.

В [6, 7] рассмотрены методы и средства внешних ультразвуковых воздействий на дизельное топливо, реализующие кавитацион-

ный эффект обработки как эффективный способ безреагентной модификации топлива, позволяющий в значительной степени улучшить его физико-химическую структуру, в первую очередь, фракционный состав, обеспечивающий снижение вязкости и депарафинизации топлива. Это приводит к увеличению цетанового числа, улучшению прокачиваемости и фильтруемости топлива до 20 %, снижению температуры вспышки на 12 %, снижению коксуемости на 10 %, повышению коррозионной стойкости. Кавитация сопровождается и частичным разрушением самих молекул с образованием свободных радикалов, что дополнительно инициирует повышение теплотворной способности в процессе сгорания топлива.

Магнитная обработка (активация) жидкого углеводородного топлива является наиболее предпочтительной по совокупности определяющих технико-экономических показателей. Аккумулированная в постоянных магнитах энергия магнитного поля является одним из самых эффективных, экономичных и доступных видов энергии. Во многих областях человеческой деятельности (в медицине, сельском хозяйстве, промышленности, теплоэнергетике, коммунальном хозяйстве и т.д.) накоплен положительный опыт использования постоянных магнитных полей, создаваемых специальными устройствами – магнитотронами или магнитоактиваторами, которые действуют на неферромагнитные вещества, имеющие различную физико-химическую природу [5, 8–11]. Широкое использование энергии постоянного магнитного поля ограничено недостаточной теоретической проработкой проблемы действия сил магнитного поля из-за сложности структурных и энергетических превращений, протекающих в веществах различного строения на микро- и макроуровне.

Задачей следующего уровня для повышения теплотворной способности топлива является дефрагментация молекул на свободные радикалы и атомы. При воздействии магнитных полей с оптимальными значениями магнитотропных параметров в структуре топлива возникают различные радикалы, жидкая фаза частично преобразуется в газообразную, выделяется свободный водород, из метана образуется метил, из этана – этил, из бутана – бутил и т.д. Свободные радикалы – это сравнительно устойчивые фрагменты органических соединений, в которых отсутствует один атом водорода, т.е. радикалы имеют отрицательный электрический заряд и меньшую

химическую устойчивость. Рациональное изменение магнитотропных параметров процесса активации имеет своей целью повышение выделяемой тепловой энергии за счет полноты сгорания.

В нашем случае для разрушения кластеров и внутримолекулярных связей используется энергия магнитного поля (ЭМП). На рис. 1 показаны этапы воздействия магнитного поля на единичный диполь.

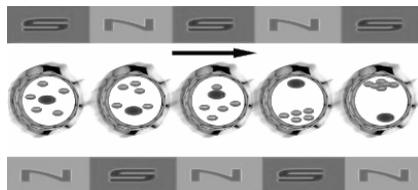


Рисунок 1 – Движение молекулы в переменном магнитном поле

Во-первых, магнитное поле снимает электростатический заряд с топлива, который оно получило при протекании в топливных магистральных и меняет его структуру. Во-вторых, изменяется вязкость и все параметры, входящие в нее: диэлектрическая проницаемость, поверхностное натяжение жидкости, константы горения, растворимость кислорода в топливе и т.д. В-третьих, при поляризации происходит упорядочение ориентаций спиновых и орбитальных моментов хаотично движущихся молекул. И, в-четвертых, благодаря переменному магнитному полю ассоциаты-кластеры, совершая колебательные движения, разрушаются на отдельные диполи, которые быстрее вступают в реакцию горения. При этом также высвобождаются свободные радикалы и отдельные элементы молекулы, что дополнительно повышает теплотворную способность.

Все выше перечисленные факторы влияют на достижение поставленной цели – увеличение энергетических и экологических показателей сгорания топлива за счет полноты сгорания его компонентов. При расчетах аппаратов для магнитной активации в [1, 5] и других работах наиболее существенными полагают следующие магнитотропные параметры: напряженность магнитного поля (МП); градиент напряженности МП; время экспозиции в МП; количество пересечений разнонаправленного МП активируемой жидкостью; скорость протекания жидкости в МП.

Зная вышеперечисленные параметры, определяется энергия магнитного поля (максимальное энергетическое произведение, объемная плотность энергии)  $w$  (кДж/м<sup>3</sup>), которая зависит от магнитной индукции ( $B$ ) и напряженности магнитного поля ( $H$ ).

Согласно теории близкого действия, ЭМП распределена по всему объему  $V$  пространства, в котором существует МП. ЭМП, заключенная в единичном объеме этого поля, называется объемной плотностью энергии магнитного поля  $w$  [12]:

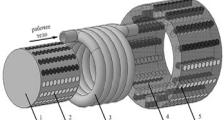
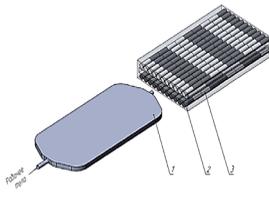
$$w = \frac{W}{V} \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{BH}{2} \quad (2)$$

где  $B$  – магнитная индукция, Тл;  $\mu_0$  – магнитная постоянная, Гн/м;  $H$  – напряженность магнитного поля, А/м;  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость.

Полимерные цепочки органического топлива, проходя через магнитное поле переменной полярности, совершают колебательные движения и разрываются, увеличивая количество активных сторон молекул, одновременно вступающих в процесс окисления.

В настоящее время созданы многочисленные конструкции аппаратов магнитной активации топлив, функционирующие как на электромагнитном принципе, так и на создании МП постоянными магнитами с периодической сменой полярности. Известные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей (АМАЖ) имеют низкий коэффициент использования рабочего объема (КИРО), равный отношению длины зон, в которых происходит активация, к общей длине рабочей части аппарата, и не превышающий 0,75–0,8. При скорости протекания топлива 0,5–1,0 м/с время экспозиции в магнитном зазоре – не более 0,2 с. Для увеличения времени экспозиции конструктивно реализуют либо увеличение длины рабочей зоны АМАЖ, либо снижение скорости движения жидкости путем локального увеличения сечения трубопровода. На основе данной концепции нами реализованы и запатентованы конструкции АМАЖ [1], во многом свободные от перечисленных недостатков (таблица 1).

Таблица 1 – Улучшенные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей

Конструкция, патент	Преимущества и недостатки	Примечания
 <p>1 – неферромагнитный корпус; 2 – магниты; 3 – неферромагнитные крепежные пластины; 4 – входной патрубок; 5 – выходной патрубок (патент 2411190 РФ, МПК G 02 F 1/48 «Магнитный активатор жидких сред», авторы – В.А. Помазкин, К.В. Щурин, Е.В. Цветкова)</p>	<p><i>Преимущества:</i> КИРО более 2,5; время экспозиции в МП – более 2 с.</p> <p><i>Недостаток</i> – турбулентность потока с кавитационными явлениями</p>	<p>Поток рабочей жидкости зигзагообразно движется в оптимальных по напряженности магнитных полях, пересекая магнитные силовые линии под углом, близким к <math>90^\circ</math>, и находится под воздействием магнитного поля большой промежуток времени</p>
 <p>1 – внутренняя облойка с магнитами; 2; 3 – спиральный трубопровод; 4 – внешняя облойка с магнитами; 5 (патент № 2693158 РФ «Аппарат магнитной активации жидкостей», авторы – К.В. Щурин, И.Г. Панин, А.А. Фокин)</p>	<p><i>Преимущества:</i> ламинарное движение потока жидкости под углом <math>90^\circ</math> к силовым линиям магнитного потока; КИРО свыше 20</p>	<p>Переменное магнитное поле создается изменением полярности магнитов на противоположную через определенные угловые промежутки – секторы, содержащие заданное количество магнитов</p>
 <p>1 – расширительная емкость с патрубками; 2 – кассета с магнитами; 3 (патент № 2703837 РФ «Магнитный активатор», авторы – К.В. Щурин, И.Г. Панин, А.А. Фокин)</p>	<p><i>Преимущества:</i> ламинарное движение потока жидкости под углом <math>90^\circ</math> к силовым линиям магнитного потока; увеличение времени экспозиции жидкости в магнитном поле в 20–25 раз</p>	<p>Переменное магнитное поле создается изменением полярности магнитов на противоположную через определенные промежутки, равные длине магнита</p>

Оценка эффективности конструктивных решений АМАЖ и, как следствие, степени активации осуществляется косвенными методами на основе анализа изменений физических свойств жидкости: диэлектрической проницаемости, электропроводности, магнитной восприимчивости, коэффициента преломления, плотности, вязкости, поверхностного натяжения, скорости испарения и др. [1, 5]. В таблице 2 приведен анализ наиболее распространенных физических методов оценки эффективности активации, который дает возможность мотивированного выбора наиболее адекватного метода активации и конструкции АМАЖ.

Все приведенные в таблице 2 показатели тесно коррелированы, и объединяющим параметром является вязкость жидкости ( $\mu$  – динамический коэффициент вязкости). В этой связи логично принять сравнительный показатель вязкости (или поверхностного натяжения) за практический способ косвенной оценки эффективности активации путем сравнения этих показателей до проведения активации и после нее.

Таблица 2 – К применению косвенных методов оценки эффективности активации

Расчетная зависимость	Примечание
Плотность	
1. С учетом температурного расширения: $\rho = \frac{\rho_{ст}}{1 + \beta t(T - T_{ст})};$ 2. Для неассоциированных растворов: $\rho_{см} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{x_i}{\rho_i}}$	$T$ – текущее значение температуры; $T_{ст}$ – стандартная температура; $\beta$ – коэффициент объемного температурного расширения; $x_i$ – массовая доля $i$ -го компонента в смеси, кг/кг; $\rho_i$ – плотность $i$ -го компонента
Вязкость	
1. Касательные силы по формуле Ньютона: $\tau = \mu \cdot \frac{dV}{dn}.$ 2. Для смеси неассоциированных жидкостей: $\ell g \mu_{см} = x_1 \ell g \mu_1 + x_2 \ell g \mu_2 + \dots$ $\dots + x_n \ell g \mu_n$	$\mu$ – динамический коэффициент вязкости; $V$ – скорость потока жидкости; $n$ – единица длины изменения скорости по нормали к направлению движения; $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – динамические коэффициенты вязкости компонентов смеси жидкостей, Па · с; $\mu_{см}$ – динамический коэффициент вязкости смеси жидкостей, Па · с; $x_1, x_2, \dots, x_n$ – мольные доли компонентов смеси

<b>Поверхностное натяжение</b>	
<p>Поверхностное натяжение определяют как энергию, которую необходимо затратить для создания единицы площади новой поверхности раздела фаз. Величина поверхностной энергии тем больше, чем больше площадь свободной поверхности. Пусть площадь свободной поверхности изменилась на <math>\Delta S</math>, при этом поверхностная энергия изменилась на <math>\Delta W_p = \sigma \cdot \Delta S</math>, где <math>\sigma</math> – коэффициент поверхностного натяжения. Так как для этого изменения необходимо совершить работу <math>A = \Delta W_p</math>, или <math>A = \sigma \cdot \Delta S</math>. Отсюда величина коэффициента поверхностного натяжения <math>\sigma = A/\Delta S</math></p>	<p>В инженерной практике для системы жидкость–газ поверхностное натяжение можно считать зависящим только от природы жидкости. Для системы жидкость–жидкость поверхностное натяжение можно приближенно рассчитать как разность поверхностных натяжений этих жидкостей на границе раздела с газом. Размерностью коэффициента поверхностного натяжения в СИ является Дж/м<sup>2</sup>. Равнозначной ему величиной является Н/м (1 Дж/м<sup>2</sup> = 1 Н/м)</p>
<b>Теплоемкость</b>	
<p>Массовая теплоемкость смеси жидкостей пропорциональна массовой доле компонента смеси и рассчитывается по уравнению <math>c_{см} = c_1 \bar{x}_1 + c_2 \bar{x}_2 + \dots + c_n \bar{x}_n</math></p>	<p><math>c_{см}</math> – массовая теплоемкость смеси жидкостей или газов, Дж/(кг · К); <math>c_1, c_2, c_n</math> – теплоемкости компонентов смеси, Дж/(кг · К); <math>x_1, x_2, x_n</math> – массовые доли компонентов смеси</p>
<b>Теплопроводность</b>	
<p>Коэффициент теплопроводности жидкостей пропорционален изобарной теплоемкости (<math>c_p</math>), плотности (<math>\rho</math>) и вязкости (<math>\mu</math>):</p> $\lambda_{30} = A \cdot c_p \sqrt[3]{\frac{\rho}{\mu}}$ <p>Зависимость теплопроводности от температуры описывается уравнением:</p> $\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \beta(t - 30 \text{ }^\circ\text{C})]$ $Pr = c \cdot \mu / \lambda$ $v = \frac{2(\rho - \rho') gr^2}{9\eta}$	<p><math>\lambda_{30}</math> – коэффициент теплопроводности при 30 °С, Вт/(м · К); <math>\mu</math> – динамический коэффициент вязкости, Па · с; <math>\rho</math> – плотность, кг/м<sup>3</sup>; <math>\beta</math> – коэффициент объемного расширения, 1/К; <math>t</math> – температура, °С; <math>A</math> – коэффициент, зависящий от степени ассоциации жидкости. Для ассоциированных жидкостей (вода) <math>A = 3,5840^{-3}</math>, для неассоциированных (бензол) <math>A = 4,2240^{-8}</math></p>
<b>Интегральный показатель</b>	
<p>Формула Прандтля обобщенно характеризует теплофизические свойства жидкостей. Рассчитывается по уравнению:</p> $Pr = c \cdot \mu / \lambda$	<p><math>c</math> – удельная массовая теплоемкость, Дж/(кг · К); <math>\mu</math> – динамический коэффициент вязкости, Па · с; <math>\lambda</math> – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)</p>

Примечание: Для определения показателей 1–5 используют стандартные номограммы.

В патенте № 2096759 РФ «Экспресс-анализ физической активации жидкостей» (автор – В.А. Помазкин) и [5] изложена методика экспресс-анализа эффективности физической активации немагнитных жидкостей, в основу которой положен факт изменения их вязкостно-коагуляционных свойств. Нерастворимый в данной жидкости порошок будет оседать в ней со скоростью, которая будет изменяться в соответствии с уравнением Стокса

$$v = \frac{2(\rho - \rho')gr^2}{9\eta}, \quad (3)$$

где  $\rho$  и  $\rho'$  – плотность жидкости и порошка соответственно, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta$  – коэффициент вязкости жидкости, Па·с;  $r$  – радиус частиц порошка, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Магнитная активация приводит к усилению коагуляции и уменьшению вязкости и, как следствие, увеличению скорости оседания порошка. Способ дает возможность косвенно оценить глубину изменений в жидкости. При этом эффективность магнитной активации определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{t' - t_0}{t} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $t'$  и  $t_0$ , с – время оседания порошка в активированной и неактивированной жидкости до одного и того же значения мутности (реперного значения шкалы гальванометра).

Использование предлагаемого метода косвенной оценки эффективности магнитной активации позволит оперативно оценить адекватность применяемых методов и средств и, при необходимости, произвести направленные регулировки процесса.

В [13, 14] приведены результаты исследований по изменению свойств бензина в результате его магнитной активации. При этом зафиксировано снижение расхода топлива около 10 % и снижение в выхлопных газах количества окислов углерода и азота – более 12 %.

Основной задачей обеспечения процесса магнитной активации немагнитных жидкостей, в том числе углеводородных топлив, является подбор и реализация магнитотропных параметров активатора, адекватных поставленной цели, – улучшению эксплуатацион-

ных (потребительских) свойств веществ. В соответствии с изложенной методикой этапами решения задачи являются: констатация химической формулы основной активируемой жидкости; качественный и количественный анализ допускаемых примесей по ГОСТ на жидкость; определение видов межмолекулярных и внутримолекулярных связей; расчет энергетических характеристик связей; определение основных показателей потока активируемой жидкости – удельный расход, скорость потока, ориентация относительно силовых линий МП; подбор магнитов с необходимой плотностью энергии магнитного поля; выбор конструктивной схемы магнитного активатора, характеристики которого обеспечат разрыв межмолекулярных и внутримолекулярных связей; определение способа косвенной оценки эффективности активации; проведение лабораторных и эксплуатационных испытаний активатора с корректированием его расчетных магнитотропных параметров.

В БГАТУ проводится целевая инициативная НИОКР, реализующая перечисленные этапы и направленная на повышение энергетических и экологических показателей дизельных ДВС. Повышение топливной экономичности ожидается не менее 10 %, а снижение выбросов  $\text{CO}_x$  и  $\text{NO}_x$  – не менее, чем на 15 %.

Планируется необходимая доработка конструкции магнитного активатора и его введение в топливные системы ДВС транспортно-технологических машин в процессе их капитального ремонта с проведением эксплуатационных испытаний и последующей передачей документации на заводы-изготовители ДВС.

#### Список использованных источников

1. Щурин К.В., Жданко Д.А. Магнитная активация топлива как эффективный способ повышения энергетических и экологических показателей ДВС // Агропанорама. – 2021. – №3 (145). – С. 28–33.
2. Мельников Г.А. Структурные свойства конденсированных сред в рамках кластерной модели / Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2011. – № 4 (20). – С. 1–6.
3. Щурин К.В., Панин И.Г. Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле // «Информационно-технологический вестник» – 2017. – № 1. – С. 103–114.

4. Манаков Н.А., Щурин К.В., Цветкова Е.В. Улучшение эксплуатационных показателей автомобильных двигателей в результате магнитной активации топлива // «Естественные и технические науки» – № 2. – 2012. – С. 484–486.

5. Помазкин, В. А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы: Монография.– Оренбург, ОГУ, 2001. – 340 с.

6. Егоров И.Н. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях сельскохозяйственного производства: Дис. ... канд. техн. наук: Великолукский СХИ. – Великие Луки, 1983. – 292 с.

7. Василевский А.В. Способ улучшения пусковых качеств дизельных двигателей в условиях низких температур посредством ультразвуковой кавитационной обработки дизельного топлива: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени В.Ф. Маргелова (военный институт). – Рязань, 2012. – 18 с.

8. Лоскутова Ю. В. Влияние магнитного поля на реологические свойства нефтей: Дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13. – Томск, 2003. – 138 с. – РГБ ОД, 61:04-2/441.

9. Пивоварова Н. А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: Дис. ... докт. техн. наук: 05.17.07 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва, 2005. – 361 с.

10. Классен В.И. Омагничивание водных систем. – М. : Химия, 1982. – 296 с.

11. Ключков, А.В., Соломко О.Б., Емельяненко А.А. Параметры магнитного поля в устройствах омагничивания воды // «Агропанограма» – № 5. – 2020. – С. 23–28.

12. Альтман А.Б., Герберг А.Н., Гладышев П.А. [и др.] Постоянные магниты: Справочник / Под ред. Ю.М. Пятина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., Энергия, 1980. – 488 с.

13. Щурин К. В., Цветкова Е.В. Использование магнитного активатора топлива для улучшения энергетических и экологических показателей ДВС //«Грузовик. Транспортный комплекс. Спецтехника – № 9. – 2011. – С. 27–32.

14. Ю.В. Гальшев, А.Ю. Шабанов, А.Б. Зайцев, А.А. Метелев. Влияние электромагнитного воздействия на показатели топлива и

характеристики автомобильных двигателей внутреннего сгорания  
// Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – №2(171). – 2013. – С. 61–67.

УДК 631.348.45

**Крук И.С.**, кандидат технических наук, доцент;

**Анищенко А.А.**, аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

***Аннотация.** Обоснованы направления дальнейшего совершенствования технологий внесения рабочих растворов пестицидов в растениеводстве.*

**Введение.** Рост объемов использования средств химизации при несовершенстве технологий и технических средств, несоблюдении агротехнических и технологических требований приводит к избыточному накоплению их в почве, что влечет за собой загрязнение не только сельскохозяйственной продукции, но и повышенной нагрузке на экологию окружающей среды. В настоящее время продолжается процесс непрерывного совершенствования технологий защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. Разработка новых принципов защиты растений, соответствующих машин, устройств и узлов направлена на повышение производительности, качества и эффективности обработки, расширение технологических возможностей машин, надежности работы и других показателей. Можно выделить следующие направления, связанные с совершенствованием применяемых технологий и машин; распыливающих рабочих органов; штанг и распределительных систем; устройств защиты факела от воздействия ветра, автоматизации процесса, совершенствованием других дополнительных устройств.

**Основная часть.** В настоящее время наибольшее распространение получила технология внесения рабочего раствора пестицидов,