

УДК 537.634:620.263

## МАГНИТНАЯ АКТИВАЦИЯ ТОПЛИВА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

К.В. Щурин,

*профессор каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор*

Д.А. Жданко,

*декан факультета технического сервиса в АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

*Рассмотрены физико-химические процессы улучшения эксплуатационных характеристик углеводородного топлива при активации переменным магнитным полем. Предложены компактные конструкции магнитных активаторов для реализации необходимых магнетотропных характеристик. Приведены данные сравнительных испытаний топлива, обнаружившие существенное повышение их энергетических и экологических показателей как результата магнитной активации.*

*Ключевые слова: структура топлива, диамагнетики, магнетотропные показатели, магнитная активация, энергетические показатели, экологические показатели.*

*The physical and chemical processes of improving the performance of hydrocarbon fuels when activated by a variable magnetic field are considered. Compact magnetic activator designs are proposed to implement necessary magnetotropic characteristics. Data from comparative fuel tests showed a significant increase in their energy and environmental performance as a result of magnetic activation.*

*Key words: fuel structure, diamagnetics, magnetotropic indicators, magnetic activation, energy indicators, environmental indicators.*

### Введение

Интенсификация развития агропромышленного комплекса предполагает постоянное увеличение применения энергонасыщенных транспортно-технологических мобильных машин на основе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), что в свою очередь приводит к увеличению потребления дорогостоящего углеводородного топлива. В этой связи на протяжении длительного времени основным направлением развития конструкций силовых установок мобильных машин являлось снижение внутренних потерь энергии, и для ДВС разработаны и внедрены конструктивно-технологические решения, позволившие реализовать значения КПД, превышающие 50 %. Такие показатели получены в результате применения новых конструкционных и эксплуатационных материалов, технологий изготовления, современных мехатронных систем. Следует констатировать, что сегодня возможности перечисленных направлений практически исчерпаны, и поддержание достигнутых темпов прогресса ДВС на их основе не представляется реальным.

Перспективным направлением повышения эффективности тепловых двигателей являются малоэнергетические воздействия на их топливо. При этом применяют магнитные, ультразвуковые, электрические и другие физические воздействия [1-3], позволяющие повысить степень упорядоченности внутри-

молекулярных и надмолекулярных структур, что способствует химической активации топлива с выделением дополнительной тепловой энергии, увеличению энthalпии рабочих процессов и, как следствие, повышению КПД и снижению количества вредных выбросов. Методы и средства магнитной активации немагнитных жидких сред, в том числе углеводородного топлива, исследованы в работах Ю.В. Голышева, Б.В. Дерягина, Н.В. Инюшина, В.И. Классена, А.В. Клочкова, Ю.В. Лоскутовой, Н.А. Пивоваровой, Д.С. Погорлецкого, В.А. Помазкина, S. Bhurat, R. Ciobanu, S. Jain, H. Kurji, P. Patel, P. Srinivas и др.

Целью настоящей работы является совершенствование конструкций магнитных активаторов топлива для повышения энергетической эффективности и экологических показателей ДВС.

### Основная часть

Среди методов физической активации немагнитных жидкостей одним из приоритетных является их магнитная или электромагнитная обработка, простота реализации которых стимулировала проведение исследований на широком круге объектов [1-7].

Систематические исследования по оценке эффективности магнитной обработки топлива начаты авиастроительной фирмой «Макдоннелл-Дуглас» (США) в 70-х годах XX века, и позднее магнитную активацию топлива стали применять для экономии

топлива и снижения экологического ущерба окружающей среде в ДВС мобильных транспортно-технологических машин.

При этом, несмотря на очевидный положительный эффект, для описания процесса магнитной активации немагнитных жидкостей до сих пор не имеется надежной теории. Однако качественный анализ таких процессов [1; 8] позволяет сделать ряд значимых обобщений, на основе которых возможна аргументированная практическая реализация конструкций аппаратов магнитной активации жидких сред.

Атомы молекул жидкого топлива, являющихся диамагнетиками, не имеют постоянных магнитных моментов. Внутри каждого атома магнитные моменты, формируемые спиновыми и орбитальными моментами электронов, уравновешены таким образом, что суммарный магнитный момент является нулевым. При включении внешнего магнитного поля внутри атома, в соответствии с законом индукции Ленца, генерируются слабые дополнительные токи, которые направляют наведенный магнитный момент атома противоположно внешнему магнитному полю, и суммарное магнитное поле ослабляется – это физический механизм диамагнетизма.

Магнитная активация немагнитных жидкостей в полной мере относится к явлениям малоэнергетических преобразований материи, получивших общее название неспецифических физических воздействий (НФВ), описание которых основано на квазимолекулярно-кинетическом и квазитермодинамическом подходах [1].

Применительно к жидким топливам величина низшей теплотворной способности  $Q_n$  (МДж/кг) определяется по эмпирической формуле Д.И. Менделеева:

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

где в скобках указано процентное массовое содержание соответствующих элементов и влаги  $W$  в составе топлива; 0,339; 1,256; 0,109 – теплоты сгорания, необходимой для сжигания 1% соответствующего элемента.

Существенным моментом анализа теплотворной способности топлива, определяемой по формуле (1), является необходимость учета того, что эта зависимость справедлива только при выполнении условия свободного доступа кислорода ко всем молекулам.

Отличительной особенностью всех компонентов в составе топливной смеси является неполярность молекул. Между ними возникает притяжение, и образуются устойчивые системы – кластеры (ассоциаты) [6, 7], состоящие из большого числа молекул (рис. 1). Образованию молекулярных кластеров способствуют многие факторы, например, длительность хранения топлива в баках, электростатическое взаимодействие с деталями топливной системы и др. При воспламенении в камерах сгорания молекулярные кластеры не могут превратить полную химическую энергию в тепловую, поскольку значительная часть молекул в момент воспламенения недоступна для кислорода. И, по существу, основной задачей повышения энергетической эффективности – теплотворной способности

топлива является дробление молекулярных кластеров до выделения отдельных молекул.

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 свободные 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 имеют отрицательный электрический заряд и меньшую химическую устойчивость. Рациональное изменение магнитотропных параметров процесса активации имеет своим результатом повышение выделяемой при сгорании теплоты за счет полноты сгорания топлива.

При расчетах аппаратов для магнитной активации, в источниках [1, 7] и других работах наиболее существенными полагают 5 магнитотропных параметров:

- 1) напряженность магнитного поля (МП);
- 2) градиент напряженности МП;
- 3) время экспозиции в МП;
- 4) количество пересечений разнонаправленного МП активируемой жидкостью;
- 5) скорость протекания жидкости в МП.

В каждом конкретном случае выбирается наиболее значимый выходной параметр. Чаще всего им является напряженность МП, варьируя которой настраиваются эффективные рабочие режимы.

Изменения внутримолекулярной структуры рассмотрены на примере магнитной активации бензина (рис. 2) [7].

Оценка эффективности 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; 6].

В работах [1; 9] изложена методика экспресс-анализа эффективности физической активации, в ос-

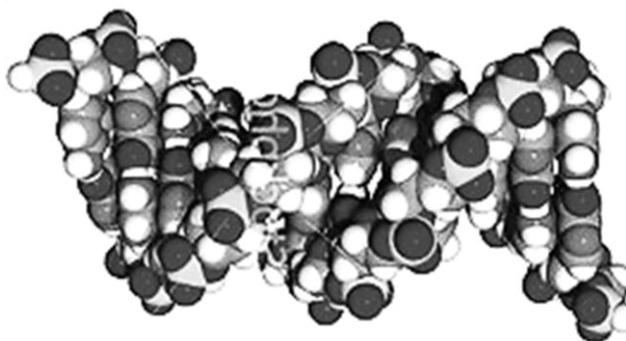


Рисунок 1. Структурная схема молекулярного кластера

нову которой положен факт изменения вязкостно-коагуляционных свойств жидкостей. Нерастворимый в данной жидкости порошок будет оседать в ней со

Исходная молекула Теплота сгорания $\Delta Q$ (кДж/моль)	Состав фракций после активации	Суммарная теплота сгорания преобразованного топлива $\Delta Q$ (кДж/моль)	
$C_8H_{18}$  $\Delta Q = 5470$	$C_4H_8 + 2C_2H_4$ $C_2H_4$	$\Delta Q = 5607$ $\Delta = 7\%$	
	$C_2H_2$ $2C_2H_4$ $2CH_4$	$\Delta Q = 5900$ $\Delta = 15\%$	
	$C_3H_6$	$0,5C_2H_4$ $2C_2H_2$ $3CH_4$	$\Delta Q = 5975$ $\Delta = 18\%$
	$2C_2H_2$	$2C_2H_4$ $2H$	$\Delta Q = 8387$ $\Delta = 28\%$
$0,5C_2H_4$ $3CH_4$	$0,5C_2H_3$ $0,5H$ $3CH_3$ $3H$		

Рисунок 2. Основные преобразования молекул бензина в магнитном поле при изменении его интенсивности

скоростью, которая будет изменяться согласно уравнению Стокса:

$$v = \frac{2(\rho - \rho')gr^2}{9\mu}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где  $\rho$  и  $\rho'$  – соответственно, плотность жидкости и порошка, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости жидкости, Па·с;

$r$  – радиус частиц порошка, м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

Активация приводит к усилению коагуляции и уменьшению вязкости и, как следствие, к увеличению скорости оседания порошка. Способ дает возможность косвенно оценить глубину изменений в жидкости.

Воздействие на движущиеся молекулы и молекулярные кластеры переменного МП (рис. 3) приводит к

существенному повышению скорости процесса поляризации по сравнению с их движением в постоянном МП.

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 устройствах для активации немагнитных жидких сред применяют неодимовые магниты из сплава Nd-Fe-B (неодим-железо-бор), которые имеют существенно лучшие магнитные свойства. В то же время такие магниты имеют и эксплуатационные недостатки:

- низкую коррозионную стойкость, поэтому для увеличения долговечности их покрывают медью, никелем, цинком и др.;

- склонность к размагничиванию при повышенных температурах, поэтому не рекомендуется их применение при температурах выше 80 °С.

При соблюдении правил рациональной эксплуатации снижение начальных магнитных свойств составляет менее 1 % за 10 лет.

Известные конструкции аппаратов для магнитной обработки жидкостей имеют низкий коэффициент использования рабочего объема (КИРО), равный отношению длины зон, в которых происходит активация, к общей длине ра-

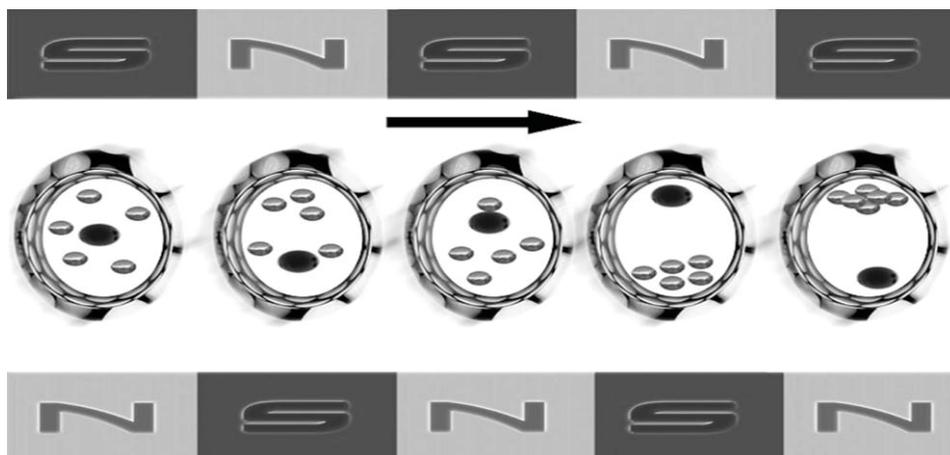


Рисунок 3. Схема активации молекул при движении в переменном магнитном поле

бочей части аппарата, не превышающий 0,75-0,8. При скорости протекания топлива 0,5-1,0 м/с время экспозиции в магнитном зазоре не превышает 0,2 с.

Для минимизации отмеченных недостатков разработана конструкция автономного магнитного активатора топлива [10] (рис. 4), не требующего внешних источников питания и легко монтируемого на рабочих топливных магистралях.

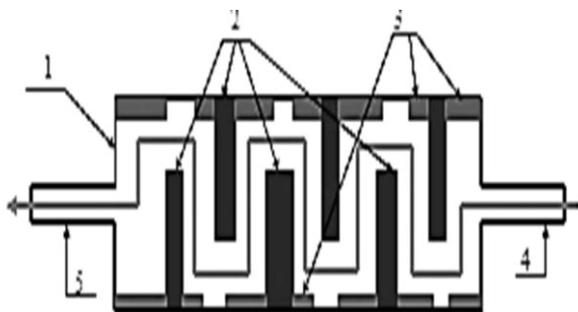


Рисунок 4. Схема магнитного активатора топлива (вариант 1)

Внутри неферромагнитного герметичного корпуса 1 установлены концентраторы магнитных силовых линий 2 в виде пластин с поочередно изменяемой полярностью, смонтированных таким образом, чтобы поток обрабатываемой жидкости двигался в оптимальных по напряженности магнитных полях зигзагообразно, пересекая магнитные силовые линии под углом, близким к  $90^\circ$ , и находился под воздействием магнитного поля как можно больший промежуток времени.

Отличие предложенного устройства от известных аналогов заключается в том, что активация происходит не в ограниченных локальных объемах, а на всем пути следования топлива. В зависимости от количества магнитных пластин активатора длина активного участка следования жидкости становится в несколько раз больше продольного размера самого активатора. Это позволяет существенно увеличить КИРО и время экспозиции обрабатываемой жидкости в магнитном поле. Так, в случае выполнения концентратора из 8-15 пластин, КИРО будет более 2,5. Время экспозиции жидкости в магнитном поле при скорости ее движения в рабочей магистрали 0,2-0,5 м/с в этом активаторе составляет 1,2-2,5 с.

Среди недостатков данной конструкции следует отметить:

- большую протяженность участков движения топлива, на которых углы между направлениями движения топлива и силовых линий МП существенно отличаются от  $90^\circ$ , что снижает эффективность активации;

- резкие изменения направления движения топлива и проходных сечений активатора, создающие турбулентность потока, нежелательную на входе в инжектор, карбюратор и др.

Разработанные авторами конструкции магнитных активаторов (рис. 5, 6; варианты 2, 3) не имеют названных недостатков.

На рис. 5 (вариант 2) приведена схема магнитного активатора топлива [11], показанного в частично

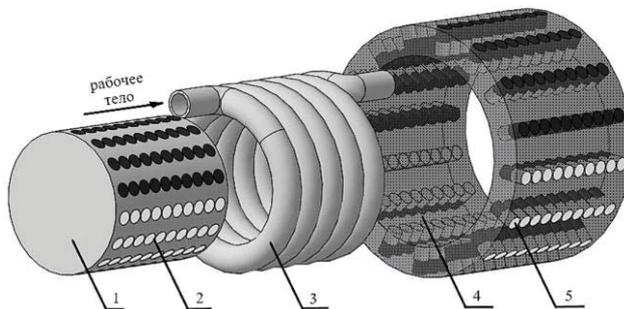


Рисунок 5. Схема магнитного активатора топлива (вариант 2)

разобранном положении. Аппарат содержит внутреннюю 1 и внешнюю 4 цилиндрические неферромагнитные кассеты, в которых выполнены радиально ориентированные и попарно соосные отверстия с расположенными в них постоянными неодимовыми магнитами 2, 5 цилиндрической формы. Количество магнитов во внутренней и внешней кассетах равно. Между кассетами размещен спиральный неферромагнитный участок 3 трубопровода, площадь и форма сечения которого выбираются в зависимости от вида жидкости и характеристик ее потока. Магниты расположены таким образом, чтобы силовые линии магнитов 5 внешней кассеты 4 под углом  $90^\circ$  проходили сквозь активируемую жидкость, движущуюся в трубопроводе 3, и замыкались на противоположные полюса магнитов 2 внутренней кассеты 1. Переменное магнитное поле создается изменением полярности магнитов на противоположную через определенные угловые промежутки – секторы, содержащие заданное количество магнитов, вследствие чего на каждом витке спирального участка трубопровода движущийся поток активируемой жидкости перемагничивается заданное количество раз. Количество магнитов по длине каждой кассеты зависит от количества витков спирального трубопровода и размера сечения витка, которые назначаются в зависимости от характеристик движения потока жидкости и требуемой степени активации. Для создания магнитного поля переменной частоты, значения углов, образующих соседние секторы, и количество магнитов в них могут различаться между собой.

Общая длина активной части заявляемого устройства и время пребывания в ней при прочих равных условиях кратно превышают соответствующие показатели аналогов: КИРО составляет более 20.

В магнитном активаторе [12], конструкция которого представлена на рисунке 6 (вар. 3) в частично разобранном состоянии, использована принципиально иная схема активации топлива переменным магнитным полем, основанная на локальном увеличении проходного сечения трубопровода, что позволяет обеспечить снижение скорости движения и пропорционально увеличить время экспозиции топлива в магнитном поле.

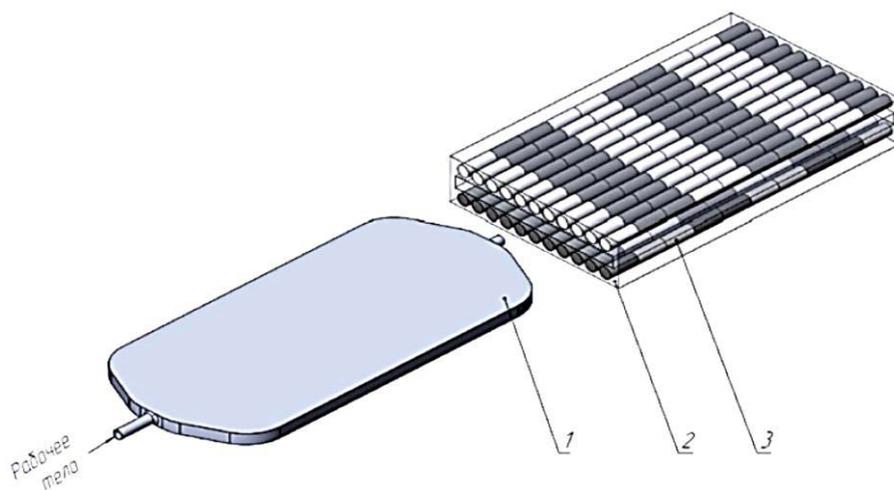


Рисунок 6. Схема магнитного активатора топлива (вариант 3)

Устройство содержит расширительную емкость 1 и корпус 2 из неферромагнитного материала, состоящий из двух параллельных кассет, в которых выполнены продольные параллельные каналы с расположенными в них магнитами 3. Количество магнитов в каждом канале одинаковое, и они соединяются друг с другом одноименными полюсами. Расширительная емкость монтируется внутри корпуса, а ее размеры соответствуют размерам проходного сечения корпуса. Магниты расположены таким образом, чтобы их силовые линии проходили под углом 90° сквозь активированное топливо, движущееся в расширительной емкости, и замыкались на противоположных полюсах параллельных магнитов. Переменное магнитное поле создается изменением полярности магнитов на противоположную через определенные промежутки, равные длине магнита. Суммарное количество магнитов в кассетах корпуса назначается по критерию обеспечения заданных параметров магнитной активации топлива с учетом его вида и характеристик движения потока. КИРО данной конструкции не менее 7.

С использованием конструкции магнитного активатора топлива (рис. 5, вар. 1.) проведены сравнительные стендовые испытания бензиновых ДВС грузовых и легковых автомобилей. Испытания проводились в условиях наличия и отсутствия магнитного активатора при прочих равных условиях. В процессе испытаний определяли характеристики: крутящий момент на валу, мощность двигателя, а также количество загрязняющих компонентов в выхлопных газах – оксида углерода (СО, %) и углеводородов (СН, ppm). Результаты испытаний, приведенные в работах [5-7], показывают изменения энергетических и экологических показателей:

- увеличение мощности двигателя достигает 8,9 %;
- увеличение крутящего момента на валу достигает 10,6 %;
- относительное снижение выбросов монооксида углерода (СО) – 14,6 %;
- относительное снижение выбросов углеводородов (СН) – 22,7 %.

Принимая во внимание имеющиеся резервы в совершенствовании представленного метода, обусловленные перспективами развития конструкций магнитных активаторов топлива [11; 12], становится возможным планировать еще более значительные результаты.

### Заключение

В настоящее время агропромышленный комплекс Республики Беларусь, имеющий максимально централизованный парк транспортно-технологических машин, может стать приоритетной площадкой для проведения

НИОКР по повышению энергетических и экологических показателей эксплуатируемых машин. Выполнение исследований по определению рациональных характеристик разработанных конструкций активаторов топлива и их модернизаций, разработка рабочих вариантов для типовых ДВС с их последующим внедрением в процессах ТО и ремонта машин позволят получить экономию топлива до 10 % и на 10-15 % снизить количество экологически вредных выбросов. Опыт эксплуатации машин, оборудованных магнитными активаторами, в дальнейшем позволит формировать технические требования к вновь создаваемым и модернизируемым машинам. Итогом работы будет снижение себестоимости и повышение качества продукции АПК.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Помазкин, В.А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы: монография / В.А. Помазкин. – Оренбург: ОГУ, 2001. – 340 с.
2. Лоскутова, Ю.В. Влияние магнитного поля на реологические свойства нефтей: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13 / Ю.В. Лоскутова. – Томск, 2003. – 138 с.
3. Пивоварова, Н.А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: дис. ... докт. техн. наук: 05.17.07 / Н.А. Пивоварова. – Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва, 2005. – 361 с.
4. Клочков, А.В. Параметры магнитного поля в устройствах омагничивания воды / А.В. Клочков, О.Б. Соломко, А.А. Емельяненко // Агропанорама. – № 5. – 2020. – С. 23-28.
5. Щурин, К.В. Использование магнитного активатора топлива для улучшения энергетических и экологических показателей ДВС / К.В. Щурин, Е.В. Цветкова // Грузовик. Транспортный комплекс. Спецтехника. – 2011. – № 9. – С. 27-32.

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

7. Щурин, К.В. Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле / К.В. Щурин, И.Г. Панин // Информационно-технологический вестник. – 2017. – № 1. – С. 103-114.

8. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике. Физика сплошных сред / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс; перевод Я. Смородинского, А. Ефремова, Ю. Симонова. – М.: Либроком Едиториал УРСС, 2013. – Вып. 7. – 288 с.

9. Экспресс-анализ физической активации жидкостей: патент 2096759 РФ / В.А. Помазкин. – Оpubл. 20.11.1997 // Бюл. № 32.

10. Магнитный активатор жидких сред: патент 2411190 РФ / В.А. Помазкин, К.В. Щурин, Е.В. Цветкова. – Оpubл. 10.02.2011 // Бюл. № 4.

11. Аппарат магнитной активации жидкостей: патент 2693158 РФ / К.В. Щурин, И.Г. Панин, А.А. Фокин. – Оpubл. 01.07.2019 // Бюл. № 19.

12. Магнитный активатор: патент 2703837 РФ / К.В. Щурин, И.Г. Панин, А.А. Фокин. – Оpubл. 22.10.2019 // Бюл. № 30.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.05.2021

## Автоматизированная микропроцессорная система очистки воздуха от микрофлоры на предприятиях АПК

*Предназначена* для очистки и обеззараживания воздуха от микрофлоры в помещениях, к которым предъявляются повышенные требования по предельному уровню содержания бактерий, вирусов плесени, грибков и других вредных микроорганизмов.



### Основные технические данные

тип облучателя	закрытый (рециркуляционный)
производительность установки, м <sup>3</sup> /ч	900
подаваемое напряжение, V	220 ± 22
частота питания, Гц	50 ± 2
источник ультрафиолетового излучения (УФИ)	разрядная лампа высокого давления ДРТ-400
облучённость в эффективном спектральном диапазоне 220-400 нм, Вт/м <sup>2</sup>	45 ± 15
ресурс работы УФИ (не более), ч	2500
срок службы (не менее), лет	5
управление установкой	дистанционное (пульт ДУ)
снижение обсемененности воздуха на выходе из установки	95 %

Применение установки позволяет эффективно в автоматическом режиме по заданной программе очищать воздух в производственных помещениях предприятий, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте воздуха.