

СЕКЦИЯ 5

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК: 665.66

Корнев А.С., к.т.н., доцент, Черномазов С.А., аспирант,
*Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I, г. Воронеж*

ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ПЛЕНКИ НА КИНЕТИКУ СОРБЦИИ ВОДЫ ГИДРОГЕЛЕМ

Современная топливная аппаратура дизельных двигателей, являющаяся основой парка сельскохозяйственной техники, предъявляет повышенные требования к чистоте топлива. Присутствие в дизельном топливе даже незначительного количества воды вызывает каталитическую коррозию, абразивный износ плунжерных пар и риск гидроудара [1]. Ввиду чего, проблематика эффективного удаления воды остается одной из наиболее актуальных для агроинженерной науки.

Одним из перспективных направлений является использование абсорбционных технологий, в частности, устройства на основе гидрогелей, помещенных в мембранные контейнеры [2]. Такое устройство, обладает рядом преимуществ: простота конструкции; высокая эффективность; возможность применения в полевых условиях.

Первоначальная конструкция устройства предполагала, что применяемая мембрана позволяет свободно пропускать молекулы воды и задерживать молекулы дизельного топлива, обеспечивая тем самым прямой контакт гидрогеля с водной средой. Однако в процессе лабораторных экспериментов было выявлено существенное расхождение теоретических моделей с практическими результатами.

В ходе испытаний прототипов устройства было выявлено, что скорость насыщения гидрогеля водой в приближенных условиях к топливному баку значительно ниже ожидаемой. Дальнейший анализ выявил, что основной причиной снижения сорбции является образование тонкой, но устойчивой пленки дизельного топлива на внешней поверхности пор мембраны. Образующиеся пленка создает дополнительный диффузионный барьер для молекул воды.

К подобному эффекту приводит несколько явлений:

– поверхностное натяжение: дизельное топливо, как и большинство углеводородов, обладает сравнительно низким поверхностным натяжением, оно легко смачивает поверхность полимерной мембраны, образуя на ней сплошной адсорбционный слой;

– гидрофобность мембраны: полимерные материалы, используемые для создания мембраны, являются гидрофобными, что способствует удержанию углеводородной пленки и блокирует проникновение молекул воды.

Наличие углеводородной пленки приводит к снижению эффективности устройства для очистки дизельного топлива.

Снижение скорости сорбции возможно выразить следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d_{m1}}{d_t} = \frac{(D \cdot A \cdot \Delta C)}{L} \\ \frac{d_{m2}}{d_t} = m_{gel} + k \cdot (Q_{max} - q)^2 \end{array} \right. \quad (1)$$

где d_{m1}/d_t и d_{m2}/d_t – скорость проникновения воды, [кг/с];

D – скорость диффузии, [m^2 /с];

A – эффективная площадь мембраны, [m^2];

ΔC – разница между концентрацией воды в основном объеме и концентрацией воды у поверхности мембраны, [кг/ m^3];

L – эффективная толщина масляной пленки, [м];

m_{gel} – масса сухого гидрогеля внутри устройства, [кг];

k – константа скорости сорбции;

Q_{max} – максимальная сорбционная емкость, [кг/кг];

q – влагонасыщенность гидрогеля, [кг/кг].

Исходя из уравнений, наиболее рациональным подходом для снижения негативных эффектов, вызванных углеводородной пленкой будет оптимизация эксплуатационных параметров, а именно температурного режима.

При повышении температуры будет возрастать скорость диффузии D , что обуславливается формулой:

$$D = \frac{k_B \cdot T}{5 \pi \cdot r \cdot \eta} \quad (2)$$

где k_B – постоянная Больцмана, [Дж/К];

T – абсолютная температура, [K];
 η – динамическая вязкость, [Па × с];
 r – эффективный радиус частицы, [м].

В свою очередь, вязкость углеводородных сред η , зависит от температуры по эмпирическому закону Аррениуса [4, 5]:

$$\eta = A * \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

где: A – предэкспоненциальный множитель, [Па × с];

E_a – энергия активации вязкого течения, [Дж/моль];

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура [K].

Анализируя обе формулы, приходим к выводу, что рост температуры приводит к снижению вязкости η и, как следствие, к увеличению коэффициента диффузии D [3].

Однако для устранения выявленного явления требуется дальнейшее исследование возможностей модернизации сорбционных элементов.

Устранение или минимизация влияния углеводородной пленки позволит в большей мере реализовать высокий абсорбционный потенциал гидрогелей, обеспечив тем самым создание высокоэффективного, надежного и конкурентоспособного устройства для широкого спектра применений, как в аграрном, так и в иных сферах производства.

Список использованной литературы

1. Улюкина, Е. А. Обеспечение чистоты нефтепродуктов при эксплуатации сельскохозяйственной техники / Е. А. Улюкина // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 41-1. – С. 155–158.
2. Устройство для удаления воды из дизельного топлива : № 234068 U1 Российская Федерация, МПК F02M 37/24, B60K 15/03. заявл. 23.09.2024 : опубл. 19.05.2025 / Корнев А. С. [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I.
3. Волков, А. В. Расчет испарения и динамики движущихся капель топлива / А. В. Волков // Молодой ученый. – 2018. – № 51(237). – С. 19–30.