

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ ТОПЛИВ В СУШИЛЬНЫХ БАРАБАНАХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДОВ

Канд. техн. наук, профессор **С.С. Шабуров**,  
канд. техн. наук **С.В. Кузнецов**,  
аспирант **Н.М. Полонов**  
(Иркутский Национальный Исследовательский  
Технический Университет (ИРНИТУ))  
Конт. информация: [gling@zaotrud.ru](mailto:gling@zaotrud.ru);  
[polonov@zaotrud.ru](mailto:polonov@zaotrud.ru)

*В статье подробно описаны основные виды и характеристики топлив, используемых на асфальтобетонных заводах при производстве асфальтобетонных смесей. Приведена технология производства водомазутной эмульсии и способ её использования в качестве топлива при производстве асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах стационарного типа, подробно описан процесс её горения в сушильном барабане и основные технологические аспекты.*

**Ключевые слова:** топливо для асфальтобетонных заводов, водомазутная эмульсия, сушильный барабан, дизельное топливо, мазут.

### ВВЕДЕНИЕ

Дорожные организации, расположенные в негазифицированных регионах страны, используют в качестве основного источника тепловой энергии в технологических процессах приготовления асфальтобетонных смесей жидкие котельные топлива – дизельное или мазут. Горелки сушильных барабанов асфальтобетонных заводов (АБЗ) российских и иностранных производителей, в основной массе выпускаемого оборудования, предназначены для сжигания этих видов топлив.

Ввиду того, что сушильные барабаны (вращающиеся технологические печи) АБЗ имеют относительно небольшие геометрические размеры собственно топочного пространства (как диаметр, так и длину), все проблемы сжигания жидкого топлива в данных теплоагрегатах очень схожи с аналогичными проблемами малогабаритных водогрейных и паровых котлов различного производства, широко применяющихся в теплоэнергетике. При анализе особенностей сжигания различных видов жидкого топлива и «работы» горелок в топочном пространстве, особый интерес вызывает практический опыт ряда организаций: ОАО «ВИКор», АНО «НИИЦ ПТ МИА», ООО «РЭТ-инжиниринг» и др., использующих в качестве топлива водомазутную эмульсию (ВМЭ).

Использование водомазутных эмульсий в качестве жидкого котельного топлива предусмотрено в отраслевых нормативных документах, а методы определения их качества регламентированы Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» в РД 34.44.215-96.

### **Основные характеристики используемых жидких топлив (дизельного топлива и мазута)**

Данные виды топлив представляют собой сложные смеси углеводородов метановой, этиленовой и ацетиленовой групп и имеют похожий состав и физико-химическую структуру, вместе с тем различные показатели эксплуатационных свойств (вязкости, плотности, теплотворной способности, температуры вспышки, воспламенения, застывания и др.), которые оказывают непосредственное влияние на процессы хранения, перекачки, подачи, распыла и сжигания топлива.

Например, дизельное топливо имеет в своем составе значительно меньшее количество продуктов крекинг-процесса (вторичной перегонки) и является более качественным горючим, чем мазуты, которые содержат в своем составе не менее 20-30 % тяжелых углеводородов – продуктов крекинг-процесса, что особенно важно для приготовления ВМЭ. В силу этого применяются различные типовые схемы топливной системы дизельного теплоагрегата (обычно тупиковая) и мазутного (обычно циркуляционная), поскольку мазут и дизельное топливо имеют различные этапы топливоподготовки. Так, в процессе подготовки мазута обязательным является этап его подогрева, отсутствующий при работе на дизельном топливе.

Данные виды топлива отличаются и по качественно-количественному составу продуктов сгорания – дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу.

Дизельное топливо и мазут, как и все другие виды углеводородных топлив, обладают своими достоинствами и недостатками.

К основным преимуществам дизельного топлива как горючего следует отнести: *во-первых*, его более высокую теплотворную способность (калорийность или теплота сгорания); *во-вторых*, меньшее (практически на порядок) количество тяжелых углеводородных фракций, асфальтено-смолистых соединений, механических примесей, воды и других нежелательных включений; *в-третьих*, лучшие эксплуатационные свойства, в частности по вязкости, плотности, коксуемости, температуре воспламенения и застывания; *в-четвертых*, минимальные затраты (потери) энергии на подготовку к сжиганию; *в-пятых*, более высокую экологическую чистоту, при стандартных условиях сжигания.

Однако, наряду с явными преимуществами, дизельное топливо имеет и свои собственные недостатки, такие как повышенная взрыво-

пожароопасность, более высокая степень испаряемости, особенно в условиях высоких летних температур, значительная стоимость продукта.

К основным преимуществам мазута относятся: *во-первых*, его относительно невысокая стоимость, что способствует значительному снижению эксплуатационных расходов АБЗ в целом; *во-вторых*, несмотря на несколько меньшую теплотворную способность, запас тепловой энергии мазута в равных по объему топливных цистернах из-за более высокой плотности примерно на 10-15 % выше, чем у дизельного топлива, что, в конечном итоге, позволяет несколько сэкономить на доставке топлива на АБЗ; *в-третьих*, более низкая естественная убыль мазута (испарение) в реальных условиях эксплуатации; *в-четвертых*, гораздо более высокая взрывопожаробезопасность.

К недостаткам мазута следует отнести: повышенную способность к влагопоглощению; более сложную топливную систему; увеличенное время приготовления теплоэнергетической установки к работе и вывода её из работы; сниженную маневренность теплоэнергетической установки по мощности; невысокую экологичность; сложность топливных операций (приема, передачи, перекачки); необходимость использования более мощных топливных насосов и повышенное энергопотребление.

Мазуты – в значительной степени зависят от физических параметров исходной нефти (от месторождения – «легкая светлая Грозненская», высокоароматическая Татарская, «тяжелая Башкирская», «каменная Калмыкская» и т.п.). Физические параметры получаемых мазутов могут сильно варьироваться по ряду существенных эксплуатационных свойств (вязкости, плотности, теплотворной способности, температуры вспышки, воспламенения и застывания и др.), что, в свою очередь, сильно осложняет работу с ними, а следовательно, существующие различия жидких топлив обязательно следует учитывать при переводе находящихся в эксплуатации теплоагрегатов с одного вида жидкого топлива на другой.

В случае выполнения работ по переводу сушильного барабана АБЗ на сжигание не дизельного топлива, а мазута, возникают определенные объективные трудности, так как мазут имеет значительно более высокую вязкость и температуру застывания, гигроскопичен, требует для обеспечения нормальных условий распыла повышенных давлений подачи и (согласно рекомендаций для теплоэнергетических агрегатов), повышенной температуры подогрева перед форсункой до 110-130 °С. В то же время, даже при 100 °С кинематическая вязкость мазута М100 по ГОСТ 10585-99 составляет 50 сСт и превышает кинематическую вязкость дизельного топлива при 20 °С на порядок.

Например, если обратиться к технической документации на горелку LB сушильного барабана АБЗ фирмы SPECО, то рекомендуемые температуры подогрева мазута до 100-120 °С должны обеспечить, по мнению Изготовителей, снижение вязкости мазута до 15-20 сСт. При этом, по соображениям пожаробезопасности, категорически запрещается превышать температуру подогрева мазута свыше 140 °С. Из опыта работы, вязкость мазута М100 снижается до 18-17 сСт при температуре 128-134 °С, а достижение такого уровня температуры мазута при организации подогрева в стандартной ёмкости при помощи горячего масла с температурой до 170 °С и стандартных регистров практически невозможно из-за реального превышения температуры 140 °С на поверхности регистра и возникновения всех вытекающих из этого отрицательных факторов.

Таким образом, достижение снижения вязкости мазута (до 15-20 сСт), при повышенном до 18-20 атм давлении подачи топлива на форсунке, обеспечивает получение удовлетворительной дисперсности микрокапли мазута размером в 50-70 мкм и, соответственно, удовлетворительных параметров горения и эксплуатационных удобств, но это требует дополнительных затрат на технически правильную организацию подогрева мазута в ёмкости, качественной теплоизоляции и дополнительного подогрева линий подачи топлива, а самое главное, очень строгого контроля за температурой мазута.

В связи с этими особенностями топливоподготовки и сжигания мазута, работа горелки сушильного барабана АБЗ на мазуте М100 происходит обычно с не нормативными, повышенными удельными расходами топлива, и поэтому, в качестве альтернативы штатным жидким топливам, предлагается рассматривать третий вид жидкого топлива – водомазутную эмульсию.

### **Водомазутная эмульсия и технологии её приготовления**

Качество водомазутной эмульсии как топлива (с точки зрения физики – обратной, т.е. водная фаза в мазуте) определяется в большей степени её дисперсностью, т.е. размерами частиц дисперсной фазы (воды). Чем выше дисперсность и меньше капли воды, тем устойчивее эмульсия и выше её качество. Наилучшие результаты достигаются при дисперсности водяных частиц от 1 до 5 мкм.

Иными словами, необходимо получить ВМЭ с равномерным распределением в ней воды тонкодисперсной структуры.

Для получения ВМЭ исходный обводненный или специально обводненный мазут подвергается гидродинамической кавитационной обработке в пассивном гидродинамическом кавитаторе – диспергаторе профессора Кормилицына В.И. [1-6]. Процесс гидродинамической кави-

тационной обработки осуществляется в диспергаторе за счет направленного и регулируемого преобразования потенциальной и кинетической энергии потока жидкости, принудительно прокачиваемой гидравлическим насосом объемного типа через реакционную камеру диспергатора. В результате указанных преобразований энергии в специальных зонах диспергатора возникает и поддерживается процесс образования газовых либо парогазовых кавитационных пузырьков (каверн), которые в последующем при повышении местного гидростатического давления в жидкости закрываются (схлопываются). Закрытие кавитационных пузырьков сопровождается интенсивными ударными волновыми процессами с возникновением локальных зон сверхвысоких давлений и температур (десятки – сотни тысяч атмосфер и градусов Цельсия, соответственно) и кумулятивного (остронаправленного) точечного ударного воздействия на близлежащие участки жидкости, окружающей зону схлопывания кавитационного пузырька.

Кавитационный процесс в пассивном гидродинамическом диспергаторе профессора Кормилицына В.И. реализован таким образом, что все ударно-волновые явления происходят непосредственно в потоке жидкости, не затрагивая материала корпуса и элементов кавитационной решетки реакционной камеры, чем обеспечивается отсутствие кавитационной эрозии и долговечность конструкции диспергатора.

В процессе точечного ударно-волнового воздействия происходят структурные и молекулярные изменения в сложных молекулах, агломератах и глобулах, изначально присутствующих в перекачиваемой жидкости, а также разрушение органических и минеральных примесей. Сопровождающие кавитацию процессы тепло- и массопереноса, а также возникающие далее по потоку жидкости струйные течения приводят к интенсивному перемешиванию и диспергированию многокомпонентных несмешиваемых жидкостей и твердых включений с образованием гомогенных и стойких во времени к расслоению тонкодисперсных эмульсий и суспензий.

В результате размер не менее 90 % структурных включений частиц воды уменьшается до 3-5 мкм, а размер частиц механических примесей с 40-60 мкм до 5-6 мкм.

Кроме того, при кавитационной обработке происходят структурные изменения мазута на молекулярном уровне (разрыв длинных углеводородных цепочек с образованием большого количества свободных радикалов, являющихся центрами прохождения окислительных реакций при горении топлива).

Кавитационное воздействие на мазут позволяет снизить вязкость на 20-30 %, увеличить температуру вспышки на 5-10 %. После кавита-

ционной обработки в мазуте образуется до 35 % дизельного топлива (температура отгонки 250-290 °С).

Указанные преобразования обеспечивают как улучшение реологических свойств современных высоковязких мазутов, так и восстановление свойств мазутов после длительного хранения. Имеется положительный опыт применения диспергатора для приготовления ВМЭ из не способных к горению некондиционных мазутов (мазуты со сроками хранения более 15-20 лет и по всем параметрам не соответствующие требованиям ГОСТ 10585–99 по показателям вязкости, плотности, температуре вспышки в открытом тигле и зольности).

Наряду с положительными изменениями внутритопочных процессов, обеспечиваемых улучшением распыла и полнотой выгорания топлива при одновременном уменьшении объемов подачи дутьевого воздуха при сжигании ВМЭ, существенное влияние на эффективность горения ВМЭ оказывают так называемые предпламенные процессы. Кавитационная обработка топлива непосредственно перед сжиганием обеспечивает приобретение ВМЭ новых свойств, связанных с изменениями молекулярного состава углеводородов мазута. В кавитационном поле происходят разрывы межатомных связей в сложных углеводородных цепочках с образованием короткоживущих активных радикалов. В традиционных технологиях сжигания жидкого котельного топлива разрыв межатомных связей осуществляется непосредственно в высокотемпературной зоне топок котлов. Данные реакции являются эндотермическими и на их осуществление затрачивается полезная тепловая энергия, вырабатываемая в топке котла. Вследствие этого происходит снижение интегральной температуры факела и теплоотдачи конвективным поверхностям нагрева. Теоретически установлено, что интегральные потери теплотворной способности и жаропроизводительности сложных углеводородов по сравнению с эквивалентным (по химической формуле углеводорода) количеством атомов углерода и водорода, могут достигать 5-6 %. Таким образом, предпламенная подготовка топлива в кавитационном поле, направленная на преобразование молекулярной структуры и разрывы связей сложных углеводородов, может обеспечить повышение интегральной температуры и теплоотдачи продуктов их сгорания.

Безусловным достоинством водомазутной эмульсии (с дисперсностью 3-5 мкм) является её высокая устойчивость – не менее 1 года. После столь длительного хранения она не претерпевает каких-либо изменений (не происходит не только расслоения, но и укрупнения капелек воды). ВМЭ сохраняет стабильность при нагревании до 90-95 °С. Не влияют на устойчивость ВМЭ и низкие температуры. Замороженная ВМЭ после отогревания сохраняет свою структуру.

Разработаны и успешно эксплуатируются диспергаторы производительностью от 3 до 120 м<sup>3</sup>/ч, причем для установления оптимального режима работы диспергатора его производительность можно регулировать. Конструктивно диспергатор не имеет вращающихся частей, что обеспечивает его абсолютную герметичность, высокую надежность работы, долговечность и противопожарную безопасность. Опыт промышленной эксплуатации диспергаторов на различных объектах подтвердил, что помимо повышения надежности работы теплоагрегатов на современных мазутах до абсолютной, обеспечивается высокая экономия дорогостоящего топлива (до 6-8 %, а в некоторых случаях и более).

### **Особенности процесса горения различного углеводородного топлива**

Поскольку дизельное топливо, мазут и ВМЭ, это, по различным параметрам – разные виды углеводородного горючего, то и их процессы сжигания не могут быть одинаковыми.

Как известно, в жидко-топливных котлах или печах горючее сгорает в определенном объеме, называемом факелом. Качество процессов горения топлива и, соответственно, дальнейшей теплопередачи определяется размерами (длиной и шириной) и формой факела, степенью заполнения им топочного объема и его расположением относительно центра топки. Условно факел включает несколько зон: корень – у топливной форсунки (зона нагрева, перегрева и парообразования топлива и его смешения с окислителем), ядро – в центральной части факела (зона активного горения), среднее пространство факела (зона горения), хвостовая часть – противоположная корню и периферийные (относительно ядра) участки (зоны догорания на поверхности факела). Наиболее оптимальные условия сжигания топлива и передачи тепла характеризуются формой факела, близкой к шарообразной, расположением факела в центре топки, максимальной степенью заполнения факелом топочного пространства и соизмеримостью объемов факела и топки.

Дисперсность (размеры) основного количества топливных капель при распыле дизельного топлива стандартной форсункой составляет порядка 20-30 мкм, что не менее чем в 1,5-2,0 раза меньше размеров распыленных той же форсункой мазутных капель. С уменьшением размеров топливных капель увеличивается их количество и, следовательно, площадь контакта горючего и окислителя, что приводит к увеличению скорости протекания реакции окисления и, в конечном итоге, к ускорению всех топочных процессов. Очевидно, что сгорание дизельного топлива в топке происходит быстрее, нежели мазута. Кроме того, капли меньшего размера пролетают топочный объем быстрее, что способствует созданию ядра факела дизельного топлива не в геометрическом цен-

тре топки, а несколько ближе к выходу из топки. Таким образом, факел дизельного топлива может находиться вне геометрического центра топки, а само дизельное топливо сгорает быстрее.

Время подготовки топливных капель к горению или индукционный период дизельного топлива, значительно меньше аналогичного показателя мазута, именно поэтому фактически дизельный факел начинается ближе к форсунке и имеет большую длину и меньшую ширину (т.е. более вытянут), чем мазутный факел. Это означает, что при использовании дизельного топлива степень заполнения его факелом объема топки меньше, чем степень заполнения объема топки мазутным факелом.

Для полного и бездымного горения любого вида углеводородного топлива, как известно, необходимо на один кг горючего затрачивать 10 – 11 кг воздуха, при этом коэффициент избытка воздуха равен единице ( $\alpha = 1,0$ ). Фактически же сжигание дизельного топлива в сушильном барабане происходит при более высоких значениях коэффициента избытка воздуха (не менее  $\alpha = 1,2 \div 1,6$ ), что, естественно, приводит к перерасходу дизельного топлива на мгновенный нагрев и перегрев не участвующего в топочных процессах (лишнего) воздуха. Это огромное количество воздуха (например, для горелки LB-80 сушильного барабана фирмы СПЕСО – от  $\sim 1800$  кг/ч до  $\sim 5400$  кг/ч) проходит транзитом топку и весь газовый тракт, а затем горячим сбрасывается в атмосферу. При этом часовой перерасход дизельного топлива может составлять не менее 50 кг.

Таким образом, отличия процессов сгорания дизельного топлива и мазута в ограниченном топочном объеме, приводят не только к изменению формы факела, но и к его некоторому смещению от геометрического центра топки в сторону газового тракта. На фоне большей теплотворной способности дизельного топлива смещение факела в топке, в конечном итоге, вызывает повышение температуры газов по всему газовому тракту, следствием чего является некоторое снижение термического КПД сушильного барабана.

При переходе на ВМЭ факел становится более коротким, шарообразным, ядро факела смещается в сторону горелки, значительно увеличивается степень заполнения факелом топочного объема, т.е. увеличивается термический КПД сушильного барабана, а это эквивалентно чистой экономии топлива.

Такой эффект вызван за счет вторичного распыления (дробления) капли топлива – в результате микровзрывов капель воды в этой капле ВМЭ (независимо от величины капли топлива, она может быть и 80, и 100, и 120 мкм, что совершенно некритично); дисперсность получившихся в результате микрокапель мазута составляет – 2-5 мкм.



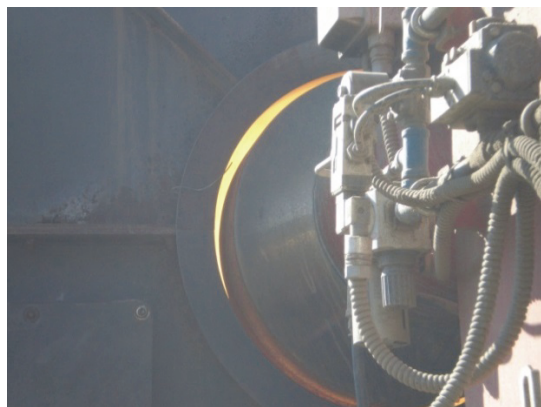
С уменьшением размеров капель горючего (мазута) на порядок увеличивается площадь контакта горючего и окислителя, с соответствующим резким уменьшением индукционного периода, что, соответственно, приводит к увеличению скорости протекания реакций окисления и, в конечном итоге, к ускорению всех топочных процессов.

Известно, что при горении сложных углеводов в виде водомазутной эмульсии, в процессе протекания серии «цепных» реакций до  $2/3$  кислорода, идущего на окисление углерода, поступает из воды находящейся в ВМЭ, а не из атмосферного воздуха (который в большом количестве вдувается в зону горения вентилятором горелки, да еще и со значительной скоростью), из этого следует, что для нормального сжигания ВМЭ стандартные объемы подачи атмосферного воздуха избыточны и могут быть снижены, по крайней мере, в 2 раза, что в свою очередь уменьшит скорость газового потока в топке, улучшит условия теплообмена раскаленных продуктов сгорания и подогреваемого в сушильном барабане материала, уменьшит унос тепла в атмосферу, т.е. увеличит термический КПД сушильного барабана (экономический эффект) и уменьшит выброс в атмосферу окислов азота (экологический эффект).

### **Практический опыт применения водомазутной эмульсии в сушильном барабане АБЗ**

Специалисты ООО «РЭТ-Инжиниринг» в 2018 г., в рамках выполнения подрядной работы, совместно со специалистами АО «Труд» выполнили модернизацию топливного хозяйства АБЗ AP-800P производства фирмы «SPECО» (Южная Корея) с использованием пассивного гидродинамического кавитатора ДЖС-5 [7, 8] и перевели сушильный барабан LB с дизельного топлива на водомазутную эмульсию (~10 %). При сжигании ВМЭ, с температурой 70-75 °С, наблюдалось надежное и устойчивое горение. Факел раскрылся и стал стабильным, исчезли видимые пульсации пламени и характерные для горения «сухого» мазута искорки, цвет пламени стал ярко желто-соломенным (**рис. 1**). Анализ замеров параметров работы горелки LB сушильного барабана и состава уходящих газов (**табл. 1**) показывает, что сжигание полученной ВМЭ осуществлялось с хорошими экологическими характеристиками, практически соответствующими работе сушильного барабана на дизельном топливе. Визуально можно отметить, что при работе на ВМЭ дыма из трубы практически не было (**рис. 2, 3**). Концентрация вредных выбросов (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) в продуктах сгорания не превышает нормативных значений для горелок данного типа на штатном режиме работы на дизельном топливе. Расход горючего увеличился на ~ 1 кг на 1 тонну при-

готовленной смеси, но учитывая меньшую на ~ 6 % теплотворную способность мазута можно утверждать, что сжигание ВМЭ происходит энергетически более эффективно, чем «сухого» мазута, а разница в стоимости топлив значительно перекрывает незначительное увеличение удельного расхода.



*Рис. 1. Работа горелки LB на ВМЭ*



*Рис. 2. Работа сушильного барабана на ВМЭ*



*Рис. 3. Работа АБЗ «СПЕКО» на ВМЭ*

Таблица 1

*Параметры уходящих газов при работе горелки LB*

<i>Виды топлива</i>	<i>Вещество</i>	<i>Проба 1</i>	<i>Проба 2</i>	<i>Проба 3</i>	<i>Среднее значение</i>
<i>Дизельное топливо</i>	<i>Углерода оксид, мг/м<sup>3</sup></i>	38,6	39,1	39,6	39,1
	<i>Азота диоксид, мг/м<sup>3</sup></i>	0,121	0,131	0,126	0,126
	<i>Пыль 70 % &gt; SiO<sub>2</sub> &gt; 20 %, мг/м<sup>3</sup></i>	0,97	0,98	0,99	0,98
	<i>Серы диоксид, мг/м<sup>3</sup></i>	> 200	> 200	> 200	> 200
	<i>Углерод (сажа)</i>	0,81	0,8	0,8	0,803
<i>ВМЭ – 9 %</i>	<i>Углерода оксид, мг/м<sup>3</sup></i>	36,2	36,8	37,4	36,8
	<i>Азота диоксид, мг/м<sup>3</sup></i>	0,62	0,66	0,7	0,66
	<i>Пыль 70 % &gt; SiO<sub>2</sub> &gt; 20 %, мг/м<sup>3</sup></i>	1,22	1,21	1,23	1,23
	<i>Серы диоксид, мг/м<sup>3</sup></i>	> 200	> 200	> 200	> 200
	<i>Углерод (сажа)</i>	0,86	0,866	0,872	0,866

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технически несложная и малозатратная модернизация топливного хозяйства АБЗ для реализации инновационной технологии кавитационной топливоподготовки с приготовлением гомогенной, высокостойкой, мелкодисперсной водомазутной эмульсии с заданной обводненностью позволяет перевести работу сушильного барабана с дизельного топлива или мазута на водомазутную эмульсию, сжигание которой на существующем горелочном оборудовании обеспечивает стабильную работу сушильного барабана, значительный экономический и экологический эффекты независимо от модели, производителя и года выпуска АБЗ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Возницкий И.В. Практика использования морских топлив на судах / И.В. Возницкий // Спб.: Моркнига. – 2006. – 123 с.
2. Кормилицын В.И. Волновая технология приготовления альтернативных видов топлива и эффективность их сжигания / В.И. Кормилицын и др. – М.: «НИЦ Регулярная и Хаотическая динамика», 2008. – 116 с.
3. Патент № 2239491 Российская Федерация, МПК В01F5/00. Диспергатор: заявл. 05.02.2003: опубл. 10.11.2004 / Кормилицын В.И.; патентообладатель: АНО «Секция «Инженерные проблемы стабильности и конверсии» РИА». – 12 с.
4. Патент № 50431 Российская Федерация, МПК В01F5/00. Диспергатор: заявл. 13.12.2006: опубл. 27.10.2008 / Кормилицын В.И., Радаев В.В., Дудко А.И., Кузнецов С.В.; патентообладатель: ЗАО НПП «Омега-Астро». – 9 с.
5. Патент № 2293599 Российская Федерация, МПК В01F5/00. Диспергатор: заявл. 03.08.2005; опубл. 20.02.2007 / Дудко А.И., Радаев В.В.; патентообладатель: ЗАО НПП «Омега-Астро». – 7 с.
6. Патент № 2336938 Российская Федерация, МПК В01F5. Смеситель-диспергатор: заявл. 13.12.2006: опубл. 27.10.2008 / Кормилицын В.И., Кузнецов С.В. Дудко А.И., Кузнецов С.В.; патентообладатель: ЗАО НПП «Омега-Астро». – 8 с.
7. Патент № 2535702 Российская Федерация, МПК В01F5. Диспергатор: заявл. 16.04.2013: опубл. 20.12.2014 / Кормилицын В.И., Полонуер М.В., Сухарев В.Л.; патентообладатель: ООО «НГКР». – 8 с.
8. Патент № 168279 Российская Федерация, МПК В01F5. Диспергатор: заявл. 07.12.2015: опубл. 26.01.2017 / Нефедов С.И., Сухарев В.Л.; патентообладатель: ООО «ИНТЕЛ-2002» – 8 с.

## L I T E R A T U R A

1. Voznickij I.V. Praktika ispol'zovaniya morskikh topliv na sudah / I.V. Voznickij // Spb.: Morkniga. – 2006. – 123 s.
2. Kormilicyn V.I. Volnovaya tekhnologiya prigotovleniya al'ternativnyh vidov topliva i effektivnost' ih szhiganiya / V.I. Kormilicyn i dr. – M.: «NIC Reguljarnaya i Haoticheskaya dinamika», 2008. – 116 s.
3. Patent № 2239491 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F5/00. Dispergator: zayavl. 05.02.2003-: opubl. 10.11.2004 / Kormilicyn V.I.; patentoobladatel': ANO «Sekciya «Inzhenernye problemy stabil'nosti i konversii» RIA». – 12 s.
4. Patent № 50431 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F5/00. Dispergator: zayavl. 13.12.2006: opubl. 27.10.2008 / Kormilicyn V.I., Radaev

- V.V., Dudko A.I., Kuznecov S.V.; patentoobladatel': ZAO NPP «Omega-Astro». – 9 s.*
5. *Patent № 2293599 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F5/00. Dispergator: zayavl. 03.08.2005; opubl. 20.02.2007 / Dudko A.I., Radaev V.V.; patentoobladatel': ZAO NPP «Omega-Astro ». – 7 s.*
  6. *Patent № 2336938 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F5. Smesitel'-dispergator: zayavl. 13.12.2006; opubl. 27.10.2008 / Kormilicyn V.I., Kuznecov S.V. Dudko A.I., Kuznecov S.V.; patentoobladatel': ZAO NPP «Omega-Astro». – 8 s.*
  7. *Patent № 2535702 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F5. Dispergator: zayavl. 16.04.2013; opubl. 20.12.2014 / Kormilicyn V.I., Polomuer M.V., Suharev V.L.; patentoobladatel': OOO «NGKR». – 8 s.*
  8. *Patent № 168279 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F5. Dispergator: zayavl. 07.12.2015; opubl. 26.01.2017 / Nefedov S.I., Suharev V.L.; patentoobladatel': OOO «INTEL-2002» – 8 s.*

---

## **USE OF LIQUID FUELS IN DRYING DRUMS OF ASFALT- CONCRETE PLANTS**

*Ph. D. (Tech.), Professor **S.S. Shaburov,**  
Ph. D. (Tech.) **S.V. Kusnecov,**  
Post-graduate student **N.M. Polonov**  
(Irkutsk National Research  
Technical University (INRTU))  
Contact information: [gling@zaotrud.ru](mailto:gling@zaotrud.ru);  
[polonov@zaotrud.ru](mailto:polonov@zaotrud.ru)*

*The article describes in detail the main types and characteristics of the fuels used in asphalt concrete plants in the production of asphalt concrete mixtures. The production technology of water-oil emulsion and method of its use as fuel in the production of asphalt concrete mixes on asphalt concrete plants of stationary type are described, the process of its burning in a drying drum and the main technological aspects are described in detail.*

**Key words:** *fuel for asphalt plants, water-oil emulsion, drying drum, diesel fuel, fuel oil.*

---

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Руденский (ФАУ «РОСДОРНИИ»).  
Статья поступила в редакцию: 25.06.2019 г.