



ТРАНСФОРМАЦИЯ ПИРОЛИЗНОГО МАСЛА

Данное описание посвящено характеристикам продуктам переработки пиролизного масла, полученного из различных источников. Таких источников сырья было три. Первое масло – это отгон из бытового пиролизного масла, полученного из резинотехнических отходов, второй источник сырья – это сланцевое пиролизное масло из Эстонских месторождений, и третье пиролизное масло было произведено, по словам хозяев – из бытовых отходов. Причем, для третьего масла в непереработанном виде дополнительно был использован **отгон** из этого-же масла, извлеченный из колонны атмосферной дистилляции. Первое масло было подвергнуто атмосферной разгонке на аппарате АРНС-1М, но при его обработке на лабораторной установке «Поток-5» возникли эффекты эмульгации этого сырья из-за присутствия значительного количества воды. Поэтому кавитационная обработка была остановлена. Второе пиролизное сланцевое масло прошло обработку на установке «Поток-5» и на установке «Поток-6». Результаты разгонки исходного сырья представлены на рис.3 и 4. А на рис. 5- 11 представлены разгонки обработанного сланцевого сырья.

Технология кавитационного гидрирования углеводородов (технологии разработанная ИИ УАН) заключается в принудительном наводороживании углеводородного сырья, используя для этого дешевые и безопасные средства. Испытаниям принудительного кавитационного гидрирования, были подвергнуты некоторые образцы пиролизного масла из Эстонских сланцевых песчаников и масла, извлеченного из бытовых отходов (Украина) путем его пиролиза. Вне зависимости от происхождения этого сырья оно после пиролиза обладает свойствами, которые не позволяют производить его несложное преобразование в моторные топлива, даже после его атмосферной перегонки. Особенно это касается пиролизного масла, извлекаемого из бытовых органических остатков. Ввиду чрезвычайной высокой вязкости это сырье при нормальных условиях невозможно обеспечить его транспортирование. Поэтому в экспериментах использовано жидкое сырье, которое получают путем атмосферной дистилляции и смешивания погонов. Такая же операция предшествовала и в подготовке пиролизного сланцевого сырья к экспериментальным исследованиям. Однако применение указанной технологии позволяет значительно его деароматизировать и получить дистилляты с улучшенными свойствами.

В набор оборудования для производства исследований вошли три лабораторные установки: «Поток-5», «Поток-6» и «Поток-7». Хотя эти установки и разнятся временем их изготовления: 2011, 2013 и 2015, некоторыми конструктивными и технологическими возможностями, но на них произвели проверку технологии и определили диапазоны изменения технологических параметров. Определение результатов преобразования углеводородов выполнили на стандартном лабораторном оборудовании – установке «АРНС -1М», вискозиметрах и ареометрах. Начало экспериментальных исследований были произведено в 2012 и последующих три года, Результаты экспериментов подтвердили теоретические прогнозы. Отметим, что эксперименты были проведены с различным сырьем, указанным в сводной таблице. В дальнейшем описании приведена графическая информация, построенная по итогам атмосферной разгонки образцов указанного пиролизного масла на установке «АРНС-1М». Здесь для убедительности уместно, привести последнюю сводную таблицу (2015) результатов лабораторных исследований технологии кавитационного гидрирования углеводородного сырья.

№ п/п	Сырье	Содержание дистиллятов, в сырье	Содержание дистиллятов, в продукте	Разница
1.	Мазут М100	5,6%	41,9%	в 7-8 раз
2.	Высоковязкая нефть	12%	122 - 158%	Более чем в два раза
3.	Тяжелая нефть	22,6%	122%	на 122%
4.	Пиролизное масло	23,6%	161%	В 1,61 раза
5.	Средняя нефть	34%	71,9%	в два раза
6.	Конденсат газовый	77%	98%	на 21%
7.	Дизтопливо	76%	97%	на 21%
8.	Бензин из заправки	72 (ОЧ)	86 (ОЧ)	на 14 ед.

Это таблица показателей применения указанной технологии. Подчеркнем, что хотя показатели обработки путем кавитационного гидрирования необычно высокие, но они еще далеки от завершения. Это можно объяснить только необходимостью продолжения работ в совершенствовании технологии. Предыдущие исследования возможностей установок серии «Поток» показали тенденцию роста показателей технологического оборудования. Поэтому безальтернативно нужно срочно разрабатывать и изготавливать новые аппаратные лабораторные средства и проводить экспериментальные работы, направленные на усиление интенсивности гидрирования сырья, произвольной этиологии. Даже

приведенные в таблице данные позволяют утверждать, что в самых худших вариантах получаем значительные (неординарные) результаты¹ готовые к расширенному применению технологии.

Далее будут приведены данные анализа трех видов пиролизного масла, с которыми были проведены экспериментальные работы. Это – сланцевое пиролизное масло (отгон) и пиролизное масло (Поток-5, 2012г), и пиролизного масла из бытовых отходов (Поток-5,7 2014 - 2015) и результаты обработки предыдущего сырья, проведенные на установке (Поток-7, 2015).

ОБРАБОТКА ПИРОЛИЗНОГО МАСЛА ИЗ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

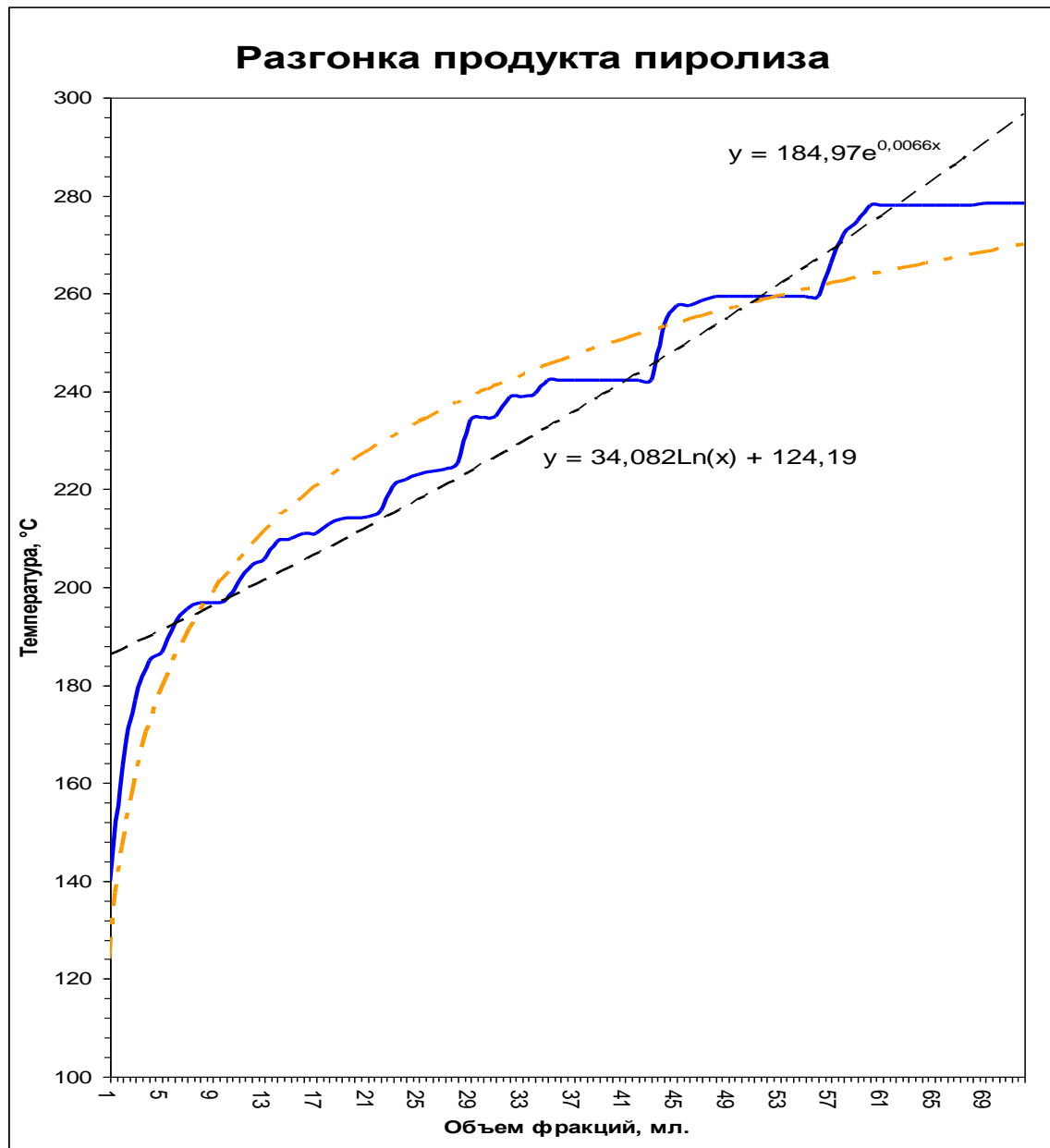


Рис. 1. Кривая разгонки пиролизного масла, полученного из резинотехнических, органических и древесных отходов. Ступенчатый характер кривой разгонки характеризует многофракционность полученного сырья. В данном сырье присутствует малое (11%) количество бензиновых фракций с температурой кипения, не превышающей 200°C, весьма ограниченное (около 28%) количество дизтопливных фракций с температурой кипения, превышающей 250°C а остальной объем соответствует керосиновым фракциям. Положительным фактором следует считать значительный объем (более 71,5%) выкипания дистиллятов из такого сырья. На графике приведена кривая степенной экстраполяции (наилучшей и худшей) зависимостей выхода дистиллятов из указанного сырья и на рисунке приведены ее коэффициенты для полученной экстраполирующих кривых.

На первом рисунке приведены кривые разгонок **отгона** атмосферной дистилляции пиролизного масла, произведенного, как утверждал представитель Заказчика, из дробленых автомобильных покрышек с добавлением органических и древесных отходов.

¹ См., также, подрисуючную подпись в рисунке, отраженной в документе: «Система кавитационного гидрирования «Поток-7МИ-200».

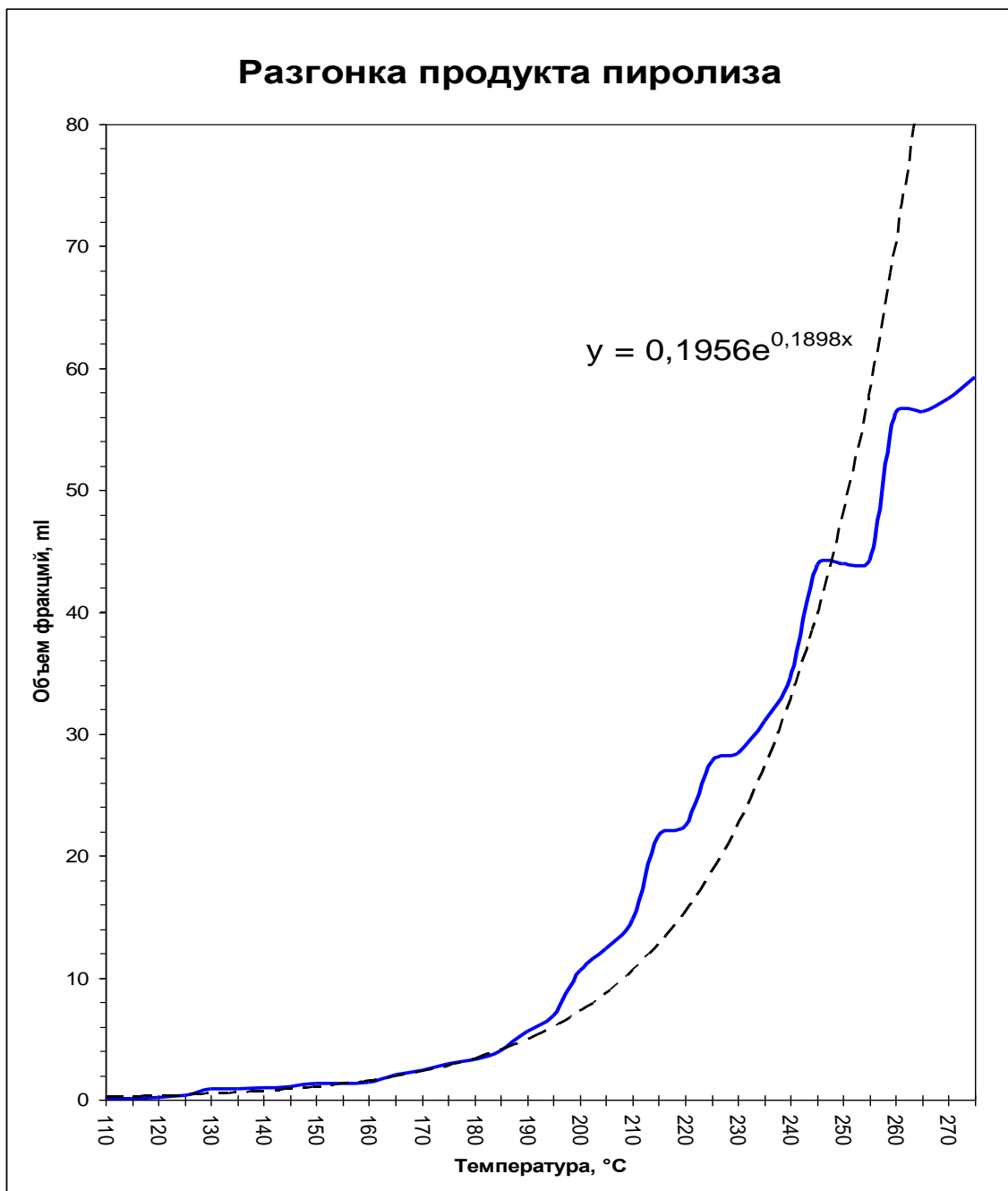


Рис. 2. Обратная кривая разгонки пиролизного масла, полученного из резинотехнических отходов с добавкой органических и древесных отходов. Ступенчатый характер кривой разгонки характеризует многофракционность полученного сырья. В данном сырье присутствует малое (11%) количество бензиновых фракций с температурой кипения, не превышающей 200°C, весьма ограниченное (около 28%) количество дизтопливных фракций с температурой кипения, превышающей 250°C, а остальной объем соответствует керосиновым фракциям. Положительным фактором следует считать значительный объем (более 71,5%) выкипания дистиллятов из такого сырья. На графике приведена кривая степенной экстраполяции зависимости выхода дистиллятов из указанного сырья и приведены коэффициенты для полученной экстраполирующей кривой.

ОБРАБОТКА СЛАНЦЕВОГО ПИРОЛИЗНОГО МАСЛА

В период с 05.09.2012 по 13.09.2014 г. были, также, проведены два эксперимента на лабораторной установке «Поток – 5» (она же - СГА 1,0-3.) по обработке сланцевого пиролизного масла в соответствии с технологией кавитационного гидрирования. Хотя методика кавитационного гидрирования постоянно совершенствуется и ее составляющие были подвержены модификациям как в направлении интенсификации процесса – путем создания реакторов, так и режимов, но при этом результаты экспериментов показали неизменность и положительную тенденцию ее развития характеристик, в т.ч. – технологии. Судите сами.

На следующих двух рисунках приведены кривые разгонки полученного сырья и его трансформации, под действием технологических факторов.

Исходное сланцевое масло

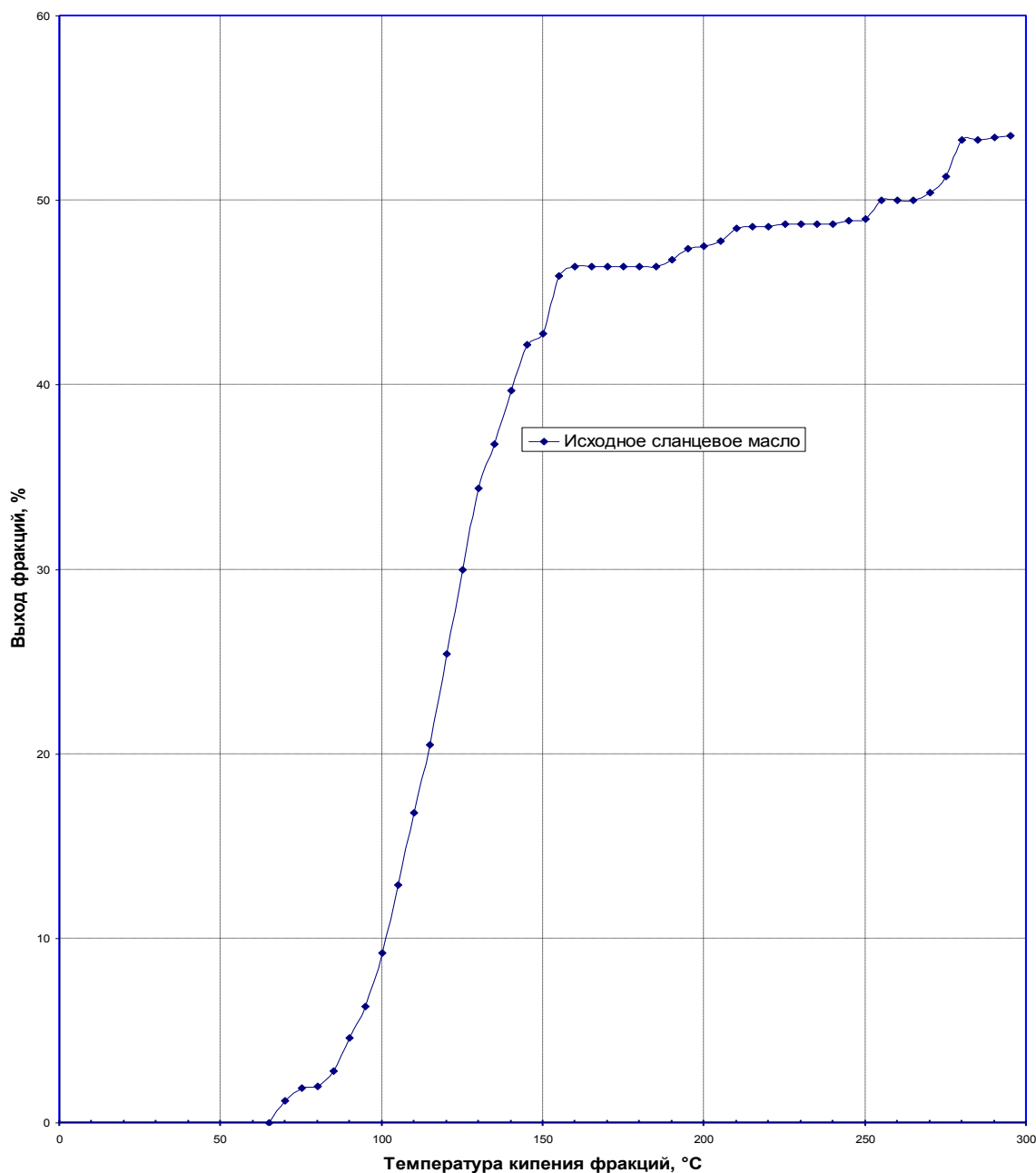


Рис.3. Кривая разгонки отгона сланцевого пиролизного масла, построенная в координатах: выход дистиллятных фракций (мл) – температура кипения (°C). Данная зависимость отражает фракционный состав смеси нефтепродуктов, которые входят в состав пиролизного масла, извлеченного из сланцевых пород. При разгонке этого сырья в аппарате АРНС-1М из него извлекают, примерно, 58% дистиллятов. Дистилляты состоят из значительного объема бензиновых фракций – около 46% (выкипающих до 160°C), керосиновых фракций – около 3% и дизтопливных фракций (их около 13%). Остающиеся углеводороды не выкипают в колбе Энглера после 300°C и представляет собой смесь смол и асфальтенов – около 41%. Повышенное содержание бензиновых фракций указывает на то, что данное сырье перспективно для производства топлив, особенно - бензина путем его предварительного отбензинивания до температуры 160°C. Оставшуюся часть из перегнанного сырья можно использовать как вторичное сырье для дорожных покрытий, например, клейкую основу.

испытании возможностей технологии кавитационного гидрирования при переработке сланцевого пиролизного масла были проведены работы по принудительному кавитационному гидрированию и алкилированию этого сырья. Названные операции производят в процессе обработки сырья в реакторе путем дополнительной газификации либо сжатым водородом, либо иным газом (в данном случае бутан-пропановой смесью). При принудительном изменении технологических параметров получили изменение выхода топливных дистиллятов, которые отражены на следующих рисунках.

Кривые разгонки

сланцевого масла, подвергнутому кавитационному гидрированию

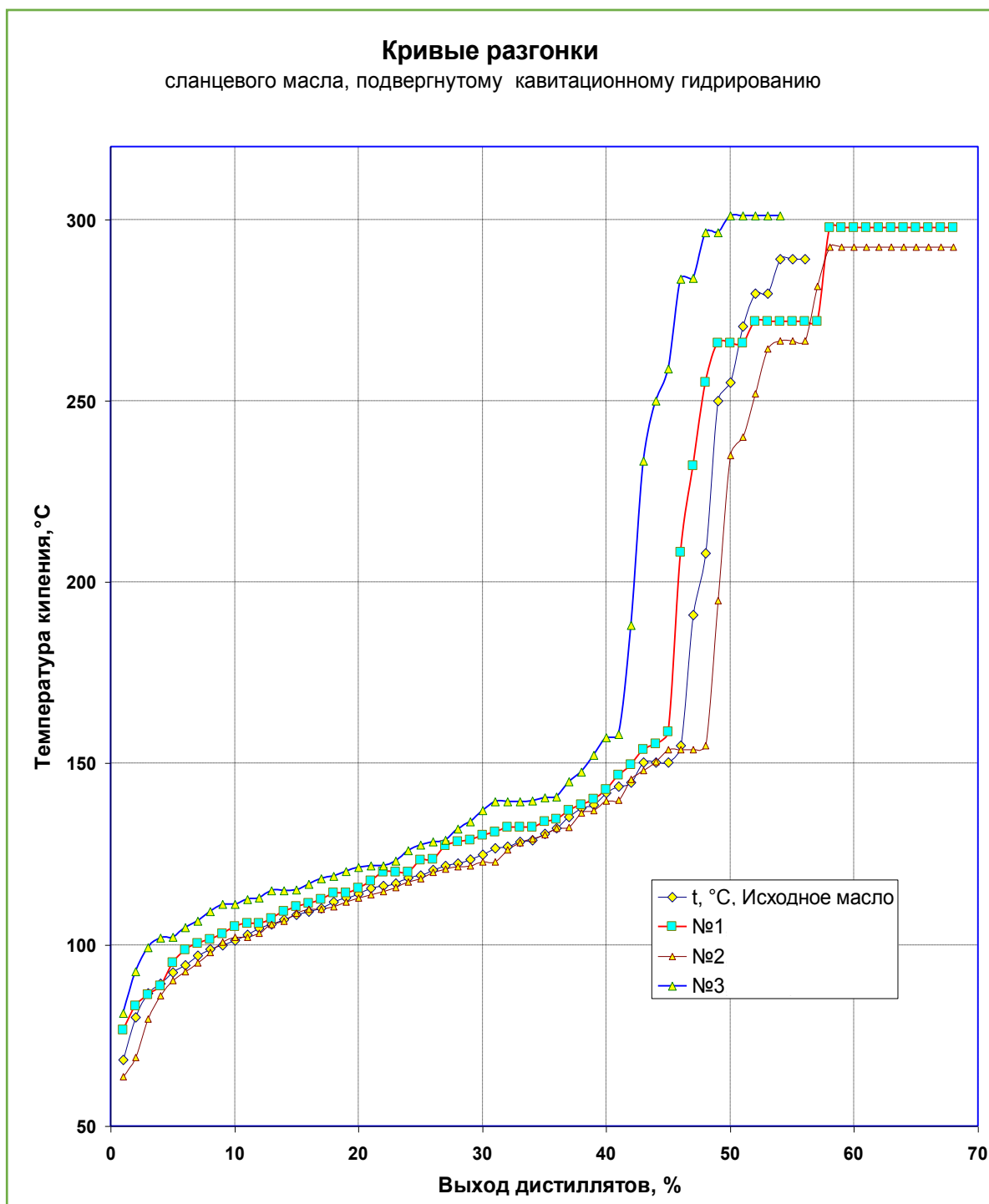


Рис. 4. Кривые обратной разгонки сырья – пиролизного сланцевого масла, подвергнутого кавитационному гидрированию. Очевидно, что выход бензиновых фракций здесь происходит до температуры 200°C (от 40 до 48%). Хотя температуры кипения бензиновых фракций не изменились (около 150 -160°C), но их объем можно увеличить путем изменения технологических параметров. При этом, объем дизтопливных фракций в дистиллятах вырос более, чем на 15%. Эти наблюдаемые изменения содержания фракций говорят о перспективности применения кавитационного гидрирования к отгону из сланцевого углеводородного сырья.

Как правило, отгон пиролизного масла производят в колонне атмосферной (дистилляционной) разгонки из указанного сырья. Отгон представляет собой темную вязкую жидкость в нормальных условиях с характерным запахом меркаптановых углеводородов. Анализ результатов экспериментов выполняют на аналитическом оборудовании и, в частности, на аппарате АРНС-1М в соответствии с ГОСТ 2177. На нем производят стандартную процедуру по лабораторному выпариванию дистиллятов (бензиновых, керосиновых и дизтопливных фракций) из образца сырья. Объем образцов для анализа – 100мл. В данном случае, из отгона пиролизного масла, обработанного на лабораторной установке с применением водорода получили продукт, из которого произвели указанный анализ, при этом выявлено отсутствие воздействия на расщепление (крекинг) углеводородов C7-C9 и существенное изменение тяжелых углеводородов (C>16). Это проявилось в значительном выходе дизтопливных дистиллятов в объеме более 14%.

Кривые атмосферной разгонки

пиролизного масла после кавитационного алкилирования

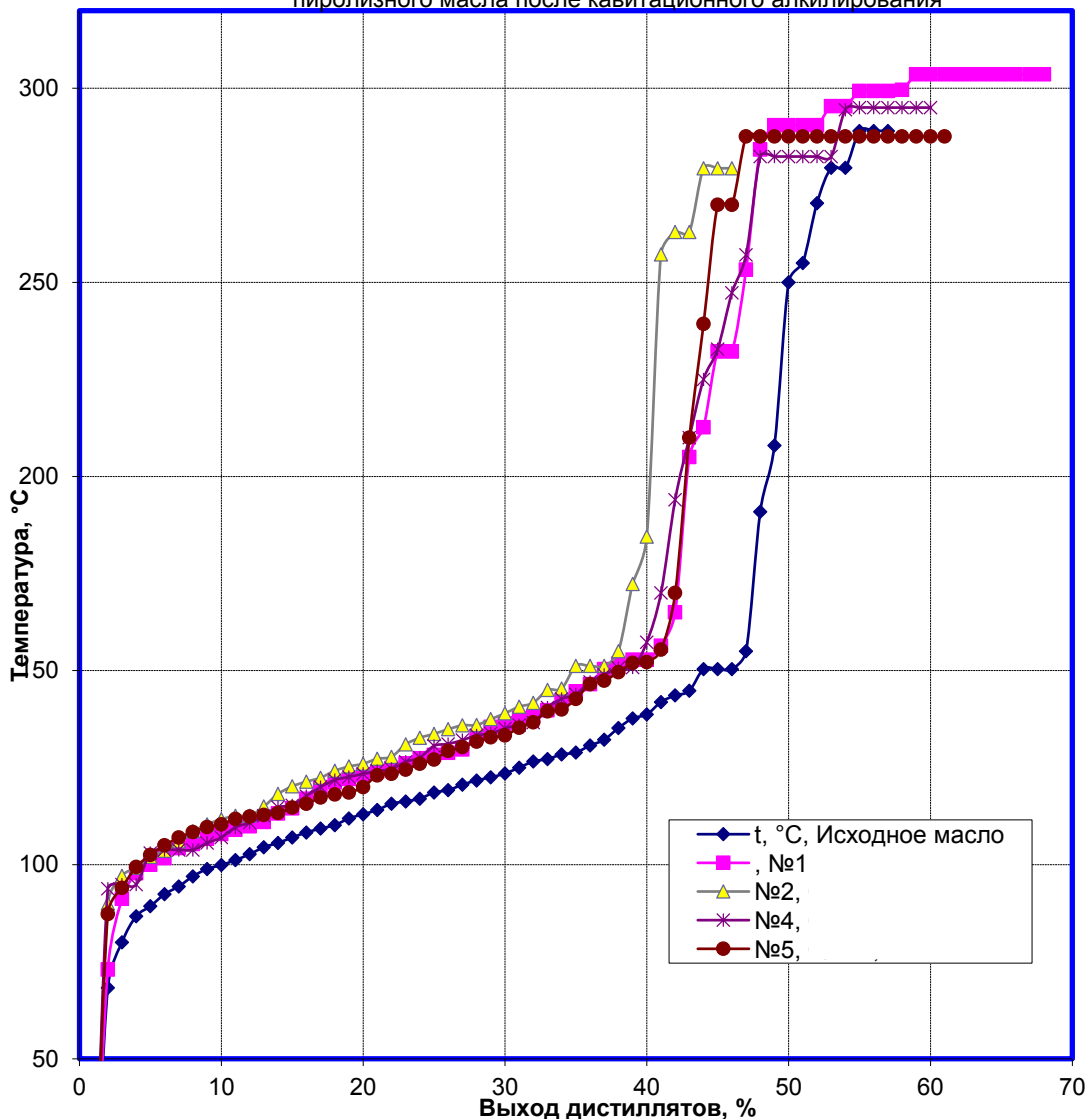


Рис. 5. Кривые обратной разгонки сырья – пиролизного сланцевого масла, подвергнутого кавитационному алкилированию. Хотя температуры кипения бензиновых фракций, опять-таки, не изменились, но общий объем дистиллятов увеличился, почти, на 8%. В тоже время, объем дизтоплив был увеличен более, чем на 15%.

В процессе экспериментов с отгоном пиролизного масла был произведен отбор 5 проб. Отгон пиролизного масла прокачивали через выбранную установку и бомбардировали сырье потоком гидрид-ионов. Процесс продолжали непрерывно в режиме «on line». Через 2,5 минуты отбирали пробы. Каждая проба пиролизного масла изготовлена на установке «Поток - 6» таким образом, что она отличается от других определенным набором технологических параметров. Заметим, что если в исходном сырье количество дистиллятов ограничено величиной 22,6%, то при разгонке проб (от 1 до 5) мы наблюдаем неизменный рост содержания дистиллятов в обработанном сырье вплоть до 61%. Это отражено на рис.5. То есть содержание дистиллятов после процесса кавитационного гидрирования выросло, практически, в три раза. $61\%/22,6\% = 2,7$. Последний рисунок (рис.5) отражает указанные возможности кавитационного гидрирования исходного сырья – отгона из пиролизного масла. Несомненна перспективность применения описанной выше технологии для улучшения свойств пиролизного масла. Следует отметить, что указанное воздействие, в соответствии с означенной выше технологией, полностью устраняет запахи, т.е. происходит его деароматизация. Степень деароматизации, как правило, проводят по методике измерения йодного числа образцов, но это исследование не было проведено из-за отсутствия необходимого аналитического оборудования.

Эффективность применения технологии кавитационного гидрирования проверяли при обработке пиролизного масла, получаемого при пиролизе бытовых остатков. Для этого густое, в нормальных условиях, пиролизное масло разбавили отгоном этого же масла, взятого после атмосферной дистилляции. Полученную смесь вначале нагрели до температуры 40°C и обработали в лабораторной установке «Поток-7» изменяя технологические режимы. Отбор проб периодически производили из установки через несколько минут. Оперативное изменение характеристик не занимало много времени. Далее следуют рисунки, характеризующие фракционные характеристики, полученные путем кавитационное гидрирования того-же пиролизного масла, произведенного из бытовых органических остатков.

ОБРАБОТКА РАЗБАВЛЕННОГО ПИРОЛИЗНОГО МАСЛА

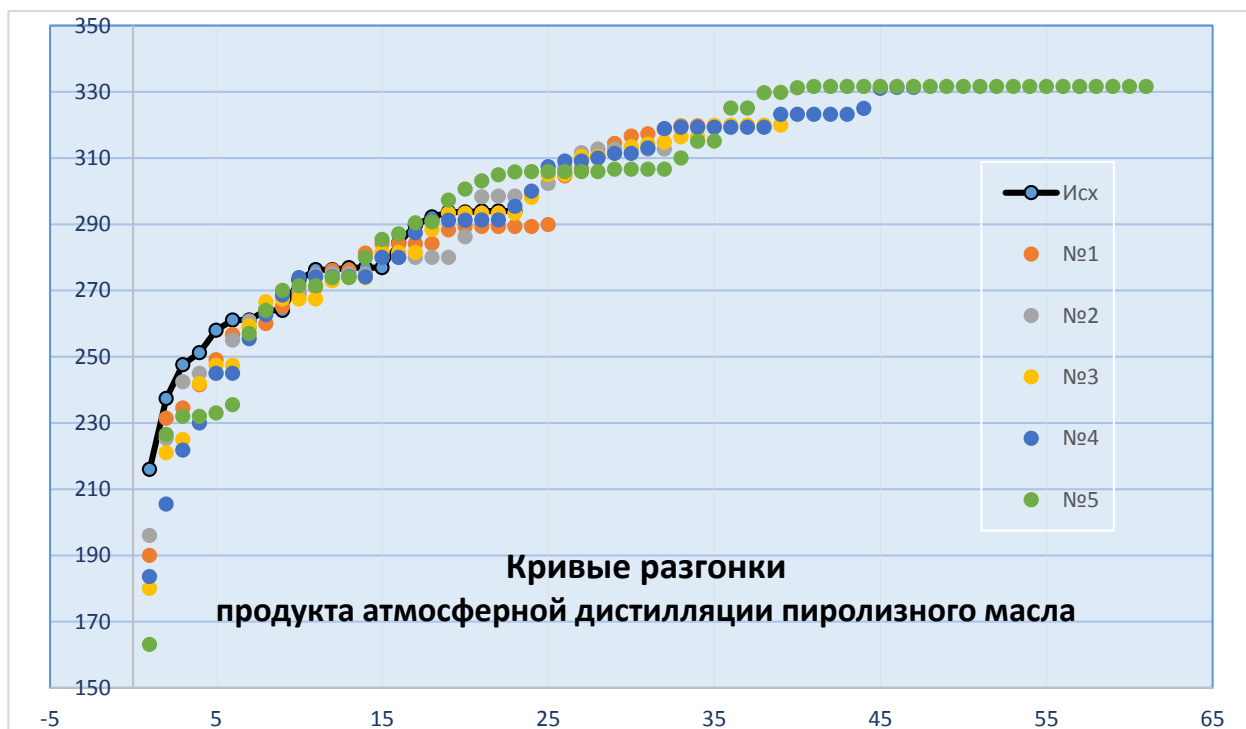


Рис. 6. Кривые разгонки продукта атмосферной дистилляции пиролизного масла, извлекаемого из бытовых отходов при кавитационном гидрировании этого сырья, в установке «Поток-7» от 22-02-2015 г.



Рис. 7. Эффективность технологии кавитационного гидрирования для трансформации пиролизного масла, извлеченного из бытовых отходов. Следует отметить, что на этой диаграмме прослеживается положительная возрастающая тенденция увеличения дополнительного выхода дистиллятов в зависимости от верного выбора изменения технологических параметров. Кривые разгонок показывают, что максимальное достигнутое значение дополнительного выхода дистиллятов из отгона пиролизного масла из бытовых отходов, подвергнутого указанной технологии его обработки, составило 55,5% против 17,2% (см. рис. 6) в необработанном состоянии. Т.е. 37.9%.

Полученные (рис.5 - 6) обобщенные данные о разгонках обработанной смеси (пиролизного масла) можно представить в виде следующей диаграммы.

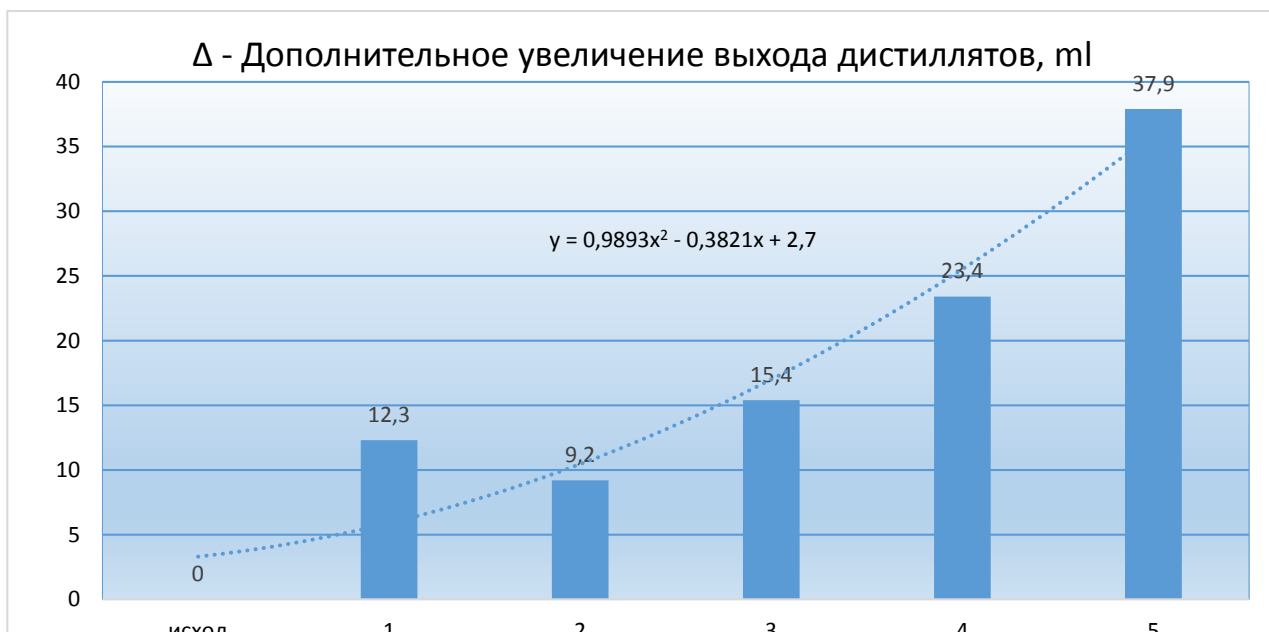


Рис. 8. Диаграмма эффективности технологии кавитационного гидрирования смеси исходного пиролизного масла и его отгона, смешанного в пропорции 1:1 (поровну). Пиролизное масло произведено из бытовых отходов. При кавитационном гидрировании этого сырья, разбавленного 1:1об. продуктом его же атмосферной дистилляции (отгоном) получают образцы продуктов его переработки на установке «Поток-7». Таких продуктов в этом случае получили 5. Результаты их разгонки на аппарате АРНС -1М представлены (на рис.6-7) кривыми разгонок. На данной диаграмме отражен уровень дополнительных дистиллятов, извлеченных из образцов продуктов переработки. В зависимости от выбора значений технологических параметров уровень дополнительно произведенных дистиллятов постепенно увеличивается и достигает значения в 37,9%. Заметим, что он возрос по отношению к уровню дистиллятов, извлеченных из необработанного сырья, который равен 17,6 мл. Вверху пятого столбца указана величина извлеченных дистиллятов в 17,6 +37,9 =55,5 мл. которая в 3,15 раза превышает выход дистиллятов из необработанного сырья. Это свидетельствует о том, что получен **беспрецедентный** уровень преобразования углеводородного состава сырья в сторону облегчения его молекулярного веса. Здесь, на примере указанных изменений молекулярных свойств очевидна высокая эффективность кавитационного гидрирования.

На ниже приведенных двух рисунках, так же, как и на рис. 6-7 приведены кривые разгонок пиролизного масла, извлеченного из бытовых и резиנותехнических отходов. Так же, как и в предыдущем случае масло разбавленного отгоном.

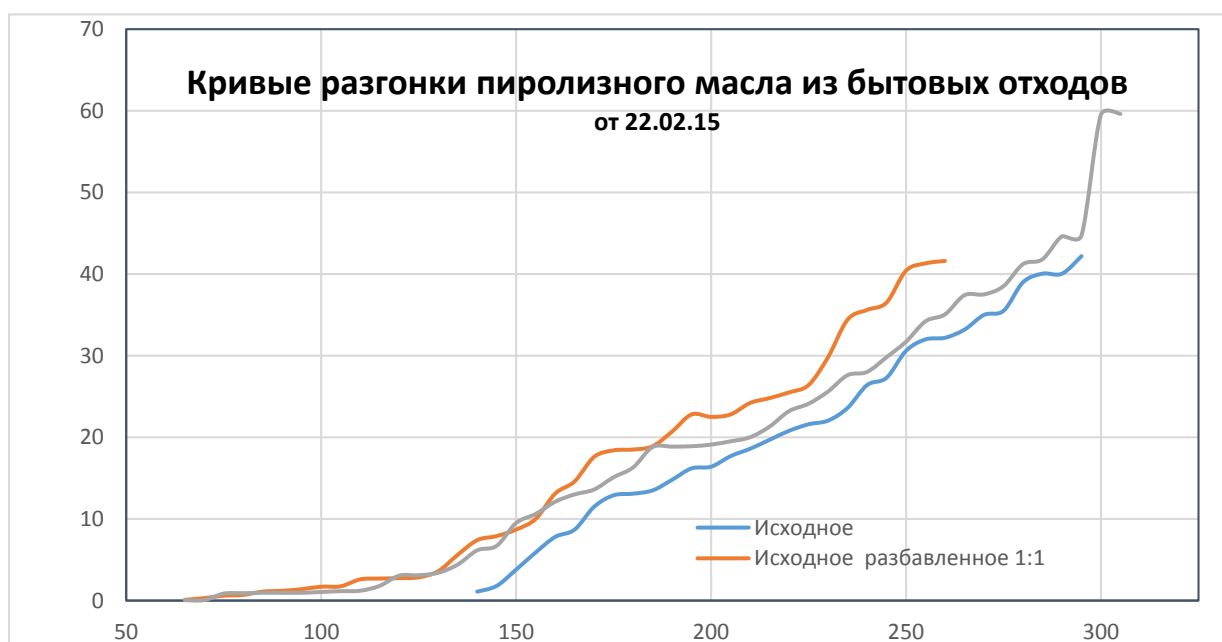


Рис.9. Кривые обратной разгонки пиролизного масла, полученного из бытовых отходов при кавитационном гидрировании этого сырья, разбавленного 1:1 продуктом из его же атмосферной дистилляции (отгоном) после его обработки на установке «Поток-7». Очевидно некоторое ухудшение показателей трансформации тяжелых углеводородов, но это объясняется исключительно форсированием экспериментальных исследований и малым количеством вариаций технологических параметров кавитационного гидрирования.

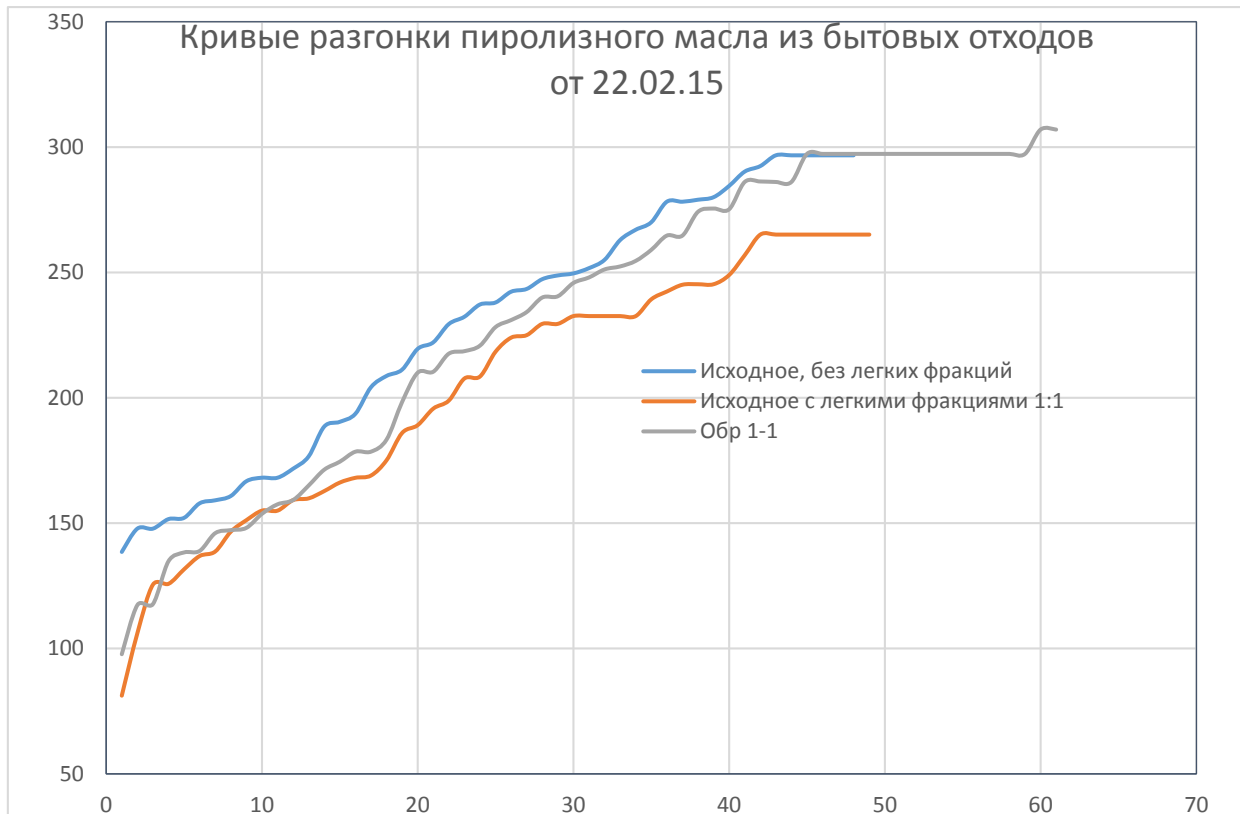


Рис. 10. Кривые разгонки пиролизного масла, полученного из бытовых отходов при кавитационном гидрировании этого же сырья, разбавленного 1:1об. продуктом его же атмосферной дистилляции (отгоном) после его обработки на установке «Поток-7».

Исходя из этих данных и рисунков следует еще один **вывод**: модернизация параметров лабораторных установок, реализующих технологию кавитационного гидрирования, выполнена в правильном направлении. Если начальные разработки касались принципиальной возможности изменения структуры углеводородов путем наводораживания углеводородов, составляющих состав сырья, то в последующих установках, (серии «Поток») реализующих технологию произошли значительные изменения как в конструктивном отношении, так и в режимном.

Уровень преобразования углеводородов, в указанных установках и экспериментальный поиск наилучших режимных параметров указывает на постоянный рост показателей технологии. Это касается, в первую очередь, трансформации тяжелых углеводородов в легкие фракции. Эксперименты на других видах сырья показали возможность его преобразования в газы. Причем газы – исключительно углеводородного состава. Очевидна возможность максимального преобразования углеводородов в это состояние (легких (газовых) фракций).

Среди исследованных видов сырья (мазут М100, высоковязкая нефть, тяжелая нефть, пиролизное масло, средняя нефть, конденсат газовый, дизтопливо, бензин) пиролизное масло является перспективным сырьем для получения не только топливных, но и газовых фракций. Предполагается обширная дискуссия вокруг проблем преобразования тяжелых сырьевых фракций методом кавитационного гидрирования.

ВЫВОДЫ

1. Изучение показателей технологии кавитационного гидрирования пиролизного сырья, в т.ч. сланцевого масла, производили на лабораторных установках серии «Поток», разработанных Институтом нефти УАН (автор – Войтович А.В.).
2. Показана перспективность этого технологического направления для нефтепереработки пиролизного (в т.ч. сланцевого) масла. При кавитационном гидрировании этого вида сырья выделяются режимы, при которых происходят структурные, а, следовательно, и химические изменения как в сторону «облегчения» - уменьшения молекулярной массы продукта переработки, так и в сторону «утяжеления» этого показателя.
3. Утяжеление молекулярной массы продукта дает перспективу получения дизтопливных фракций вместо бензиновых фракций.

4. В экспериментах выявлено изменение других показателей таких, как температур начала и конца кипения, вязкости и плотности.
5. Процесс кавитационного гидрирования пиролизного масла чрезвычайно перспективен из-за: наличия промышленных объемов пиролизного масла, извлекаемых при пиролизе сланцевых пород, из бытовых отходов, так и углеводородного сырья в виде сланцевых отложений.
6. В связи с тем, что прослеживается процесс преобразования характеристик смол, получаемых при разгонках продуктов пиролизного сланцевого масла, представляется необходимым проведение серии экспериментов по переработке смол в углеводороды с облегченным молекулярным весом.
7. Представляется перспективным развитие данной технологии в направлении изготовления установок, ориентированных на переработку пиролизных масел произвольных объемов.

Отчет подготовил: Генеральный директор ИН УАН,
академик УАН, Войтович А.В

+38 095 4022727

+38 04597 93888

voynstitut@meta.ua

info@oil-institut.com



В подготовке настоящего краткого отчета использованы следующие стандарты и литература:

- [1]. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- [2]. ИСО 8754-92 Нефтепродукты. Определение содержания серы недисперсионным рентгено-флуоресцентным методом.
- [3]. ИСО 7536-94 Бензины. Метод определения окислительной стабильности путем оценки индукционного периода.
- [4]. ИСО 5164-90 Моторные топлива. Метод определения детонационных характеристик. Исследовательский метод.
- [5]. ИСО 5163-90 Моторные и авиационные топлива. Определение детонационных характеристик моторным методом.
- [6]. ИСО 4259-92 Нефтепродукты. Определение и применение показателей точности для методов испытания.
- [7]. ИСО 3838-83 Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности.
- [8]. ИСО 3675-93 Сырая нефть и жидкие нефтепродукты. Лабораторный метод определения плотности или относительной плотности с использованием гидрометра.
- [9]. ИСО 3405-88 Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава.
- [10]. ИСО 3171-88 Нефтепродукты. Жидкие углеводороды. Автоматический отбор проб из трубопровода.
- [11]. ИСО 3170-88 Нефтепродукты. Жидкие углеводороды. Отбор проб вручную.
- [12]. ИСО 2160-85 Нефтепродукты. Метод определения коррозионного воздействия на медную пластинку.
- [13]. ГОСТ Р 51069-97 Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности в градусах API ареометром.
- [14]. ГОСТ Р 50802-95 Нефть. Метод определения сероводорода, метил и этилмеркаптанов.
- [15]. ГОСТ Р 50460-92 Знак соответствия при обязательной сертификации: форма, размеры и технические требования.
- [16]. ГОСТ Р 50442-92 Нефть и нефтепродукты. Рентгено-флуоресцентный метод определения серы.
- [17]. ГОСТ Р 12.1.052-97 ССБТ. Паспорт безопасности вещества (материала). Основные положения.
- [18]. ГОСТ 8226-82 Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа.
- [19]. ГОСТ 6321-92 Топливо для двигателей. Метод испытания на медной пластинке.
- [20]. ГОСТ 511-82 Топлива для двигателей. Моторный метод определения октанового числа.
- [21]. ГОСТ 4039-88 Бензины автомобильные. Методы определения индукционного периода.
- [22]. ГОСТ 29040-91 Бензины. Метод определения бензола и суммарного содержания ароматических углеводородов.
- [23]. ГОСТ 28828-90 Бензины. Метод определения свинца.
- [24]. ГОСТ 28781-90 Нефть и нефтепродукты. Метод определения давления насыщенных паров в аппарате с механическим диспергированием.
- [25]. ГОСТ 2517-85 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.
- [26]. ГОСТ 2177-99 (ИСО 3405-88). Методы определения фракционного состава. - Издание с Поправкой (ИУС 1-2002). - Взамен ГОСТ 2177-82 ; Введ. с 01.01.2001 // Нефтепродукты: Методы анализа, Часть 1. - М.: Стандартинформ, 2006. - с. 65. - Настоящий стандарт представляет собой полный аутентичный текст международного стандарта ИСО 3405-88 с дополнительными требованиями, отражающими потребности экономики страны.
- [27]. ГОСТ 2177-82 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава.
- [28]. ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка.
- [29]. ГОСТ 19121-73 Нефтепродукты. Методы определения содержания серы сжиганием в лампе.
- [30]. ГОСТ 1756-52 Нефтепродукты. Метод определения давления насыщенных паров.
- [31]. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.
- [32]. ГОСТ 1567-97 Топливо моторное. Метод определения фактических смол.

- [33]. ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, хранение и транспортирование.
- [34]. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
- [35]. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура и методы их определения.
- [36]. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожарная безопасность. Электрическая искробезопасность. Общие требования.
- [37]. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие безопасности.
- [38]. EN 5 Метод определения фактических смол в топливах испарением в струе (воздуха или пара).
- [39]. EN 238 Жидкие нефтепродукты. Определение содержания бензола методом инфракрасной спектроскопии.
- [40]. EN 237 Жидкие нефтепродукты. Определение малых концентраций свинца методом атомно-абсорбционной спектрометрии.
- [41]. EN 228 Автомобильные топлива. Неэтилированный Бензин. Требования и методы испытаний.
- [42]. EN 12 Жидкие нефтепродукты. Метод определения давления насыщенных паров (мокрый способ).
- [43]. ASTM D 86-95 Метод определения фракционного состава нефтепродуктов.
- [44]. ASTM D 525-95 Метод определения окислительной стабильности пиролизного масла (индукционный период).
- [45]. ASTM D 4953-93 Метод определения давления насыщенных паров пиролизного масла и смесей пиролизного масла с кислородсодержащими добавками (сухой метод).
- [46]. ASTM D 4420-94 Метод определения ароматических углеводородов в сланцевое пиролизное масло методом газовой хроматографии.
- [47]. ASTM D 4294-90 Определение содержания серы в нефтепродуктах дисперсионным рентгено-флуоресцентным методом.
- [48]. ASTM D 4057-88 Метод отбора проб нефти и нефтепродуктов для испытаний.
- [49]. ASTM D 4053-91 Метод определения бензола в моторном и авиационном масле инфракрасной спектроскопией.
- [50]. ASTM D 4052-91 Метод определения плотности и относительной плотности жидкостей с помощью цифрового денсиметра.
- [51]. ASTM D 3831-94 Определение марганца в бензинах методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
- [52]. ASTM D 381-94 Метод определения фактических смол в топливах испарением в струе (воздуха или пара).
- [53]. ASTM D 3606-92 Определение бензола в бензине методом газовой хроматографии.
- [54]. ASTM D 323-94 Метод определения давления насыщенных паров нефтепродуктов (метод Рейда).
- [55]. ASTM D 3237-90 Определение свинца в бензине методом атомно-абсорбционной спектрометрии.
- [56]. ASTM D 2700-94 Метод определения детонационных характеристик моторных и авиационных топлив (моторный метод).
- [57]. ASTM D 2699-94 Метод определения детонационных характеристик моторных топлив исследовательским методом.
- [58]. ASTM D 2622-94 Метод определения серы в нефтепродуктах рентгеновской спектрометрией.
- [59]. ASTM D 130-94 Испытание коррозионной активности нефтепродуктов на медной пластинке.
- [60]. ASTM D 1298-90 Метод определения плотности, относительной плотности или плотности в градусах АПИ сырой нефти.
- [61]. ASTM D 1266-91 Метод определения содержания серы в нефтепродуктах (ламповый метод).
- [62]. ГОСТ Р 51105-97 Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия
- [63]. ГОСТ Р 51313-99 Бензины автомобильные. Общие технические требования.
- [64]. Сафонов А. С., Ушаков А. И., Чечкенов И. В.. Автомобильные топлива. СПб 2002.
- [65]. Итинская Н. И., Кузнецов Н. А.. Топливо, масла и технические жидкости. М. 1989.
- [66]. Агатов А.. Легкие топлива и их смеси для спортивных двигателей. М. 1962.
- [67]. Данилов А. М. Применение присадок в топливах для автомобилей. М. 2000. Современная АЗС. № 1, 2003.

- [68]. Данилов А.М. Классификация присадок и добавок к топливам // нефтепереработка и нефтехимия. 1997, №6, с. 11-14.
- [69]. Oil & Gas J. -2001, 24 Dec.
- [70]. Данилов А.М. Присадки к топливам. Разработка и применение в 1996-2000 г.г. // Химия и технология топлив и масел. 2002, №6, с. 43-50.
- [71]. Shwab S.D., Guinter G.H., Henly T., Miller K.T. // SAE Technical Paper Series. -1999-01-1478. p.8.
- [72]. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. М.: Техника, — 2002. 64. С.
- [73]. Rotivel A.// Petr. Inf. — 1987. № 1631, p. 6-8.
- [74]. Гурсев А. А., Применение автомобильных [бензинов](#), М., 1972;
- [75]. Гуреев А.А., Жоров Ю. М., Смидович Е. В., Производство высокооктановых [бензинов](#), М., 1981.
- [76]. Сергиенко С.Р., ТаимоваБ.А., Талалаев Е.И., Высокомолекулярные не углеводородные соединения нефти. Смолы и асфальты, М., 1979;
- [77]. Поконова Ю. В., Химия высокомолекулярных соединений нефти, Л., 1980;
- [78]. Химия нефти, под ред. З. И. Синяева, Л., 1984.