

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

Карпов С.А.

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина

Под воздействием внешних факторов молекулы углеводородов бензина начинают взаимодействовать друг с другом, образуя надмолекулярные углеводородные группы. Данные надмолекулярные структуры в двигателе внутреннего сгорания не сгорают полностью. В результате они выбрасываются в атмосферу в виде вредных компонентов отработавших газов двигателя и/или накапливаются в виде углеродно-шлаковых отложений. При прохождении топлива через микроволновое поле его структура меняется, вследствие чего топливо сгорает более быстро и эффективно. В работе исследовано изменение эксплуатационных характеристик товарных бензинов при воздействии на них микроволнового излучения, и подобраны параметры такого воздействия.

Автомобильное топливо в двигателе внутреннего сгорания в короткий промежуток времени, как правило, не может сгореть полностью. Одной из причин является то, что под воздействием внешних факторов отдельные молекулы углеводородов, которые являются основой топлива, начинают взаимодействовать друг с другом, и таким образом образуют надмолекулярные углеводородные группы - "ассоциаты". Данные надмолекулярные структуры в двигателе внутреннего сгорания не сгорают полностью и в результате они выбрасываются в атмосферу в виде вредных компонентов отработавших газов двигателя и/или накапливаются в виде углеродно-шлаковых отложений. При прохождении топлива через микроволновое поле структура топлива меняется, так как устройство рассеивает образовавшиеся "ассоциаты" на отдельные молекулы, при этом позитивно выстраивает их пространственную структуру, вследствие чего топливо сгорает более быстро и эффективно.

Данная работа имеет целью исследовать поведение низкооктановой и высокооктановой марок бензина при воздействии на них микроволнового излучения и подобрать параметры такого воздействия. Для выбора параметров микроволновой обработки были выбраны марки товарных бензинов А-76 и АИ-95 Рязанской нефтеперерабатывающей компании (РНПК), свойства которых представлены в табл. 1 и 2. В исследованиях по поиску оптимальных параметров

обработки были взяты эти марки товарных бензинов, как крайние случаи наиболее низко- и высокооктановых марок автомобильных бензинов, распространенных сегодня на отечественном потребительском рынке.

Таблица 1

Автомобильный бензин А-76
Рязанской нефтеперерабатывающей компании по ГОСТ 2084-77

| Показатель | Значение |
|---|-----------------|
| Плотность при 20°C, кг/м ³ | 714 |
| Детонационная стойкость: | |
| ОЧМ | 76,4 |
| ОЧИ | 80,2 |
| Содержание свинца, г/дм ³ | отсутствие |
| Фракционный состав: | |
| температура начала перегонки бензина, °С | 38 |
| 10 % бензина перегоняется при температуре, °С | 67 |
| 50 % бензина перегоняется при температуре, °С | 108 |
| 90 % бензина перегоняется при температуре, °С | 172 |
| Конец кипения бензина, °С | 187 |
| Остаток в колбе, % | 0,7 |
| Остаток и потери, % | 2,8 |
| Давление насыщенных паров бензина, кПа | 66,0 |
| Кислотность, мг КОН/100 м ³ | 0,4 |
| Содержание фактических смол, мг/100 см ³ | 2,7 |
| Содержание серы, % масс. | 0,08 |
| Индукционный период, мин | 1240 |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды | отсутствие |

1. Исследование микроволновой обработки товарного бензина А-76

Микроволновая печь позволяла проводить исследования при различном времени обработки и четырех мощностях излучения: 231, 385, 539 и 700 Вт. В экспериментах нами ограничивались время контакта и мощность излучения таким образом, чтобы не допустить нагрева образцов выше 50°C. Микроволновая обработка проводилась в герметично закрытых бюретках с целью не допустить испарения легких фракций бензина. Далее бюретки охлаждались в криостате до

температуры не выше 20°C, после чего отбиралась проба бензина для оценки октанового числа. При выборе оптимальных параметров микроволнового облучения в исследованиях мы руководствовались исключительно происходящими изменениями в октановом числе автомобильного бензина.

Таблица 2

Автомобильный бензин АИ-95
Рязанской нефтеперерабатывающей компании по ГОСТ 2084-77

| Показатель | Значение |
|---|-------------|
| Плотность при 20°C, кг/м ³ | 741 |
| Детонационная стойкость: | |
| ОЧМ | 85,2 |
| ОЧИ | 95,1 |
| Содержание свинца, г/дм ³ | отсутствие |
| Фракционный состав: | |
| температура начала перегонки бензина, °С | 38 |
| 10 % бензина перегоняется при температуре, °С | 71 |
| 50 % бензина перегоняется при температуре, °С | 114 |
| 90 % бензина перегоняется при температуре, °С | 177 |
| Конец кипения бензина, °С | 202 |
| Остаток в колбе, % | 1,2 |
| Остаток и потери, % | 3,3 |
| Давление насыщенных паров бензина, кПа | 65,9 |
| Кислотность, мг КОН/100 м ³ | 1,7 |
| Содержание фактических смол, мг/100 см ³ | 3,6 |
| Содержание серы, % масс. | 0,02 |
| Индукционный период, мин | 1120 |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды | отсутствие |

На рис. 1. показаны изменения октанового числа при мощности излучения 231 Вт. Время микроволновой обработки с целью не допустить перегрева образца топлива составляло от 1 до 6 минут.

Как видно из представленного рис. 1, рост октанового числа достигает 0,5 единиц по ОЧМ и 0,7 единиц по ОЧИ, что находится за пределами ошибки прибора. При времени обработки 2 мин. графики выходят «на плато», т.е. не происходит дальнейшего роста октанового числа при увеличении времени микроволнового облучения.

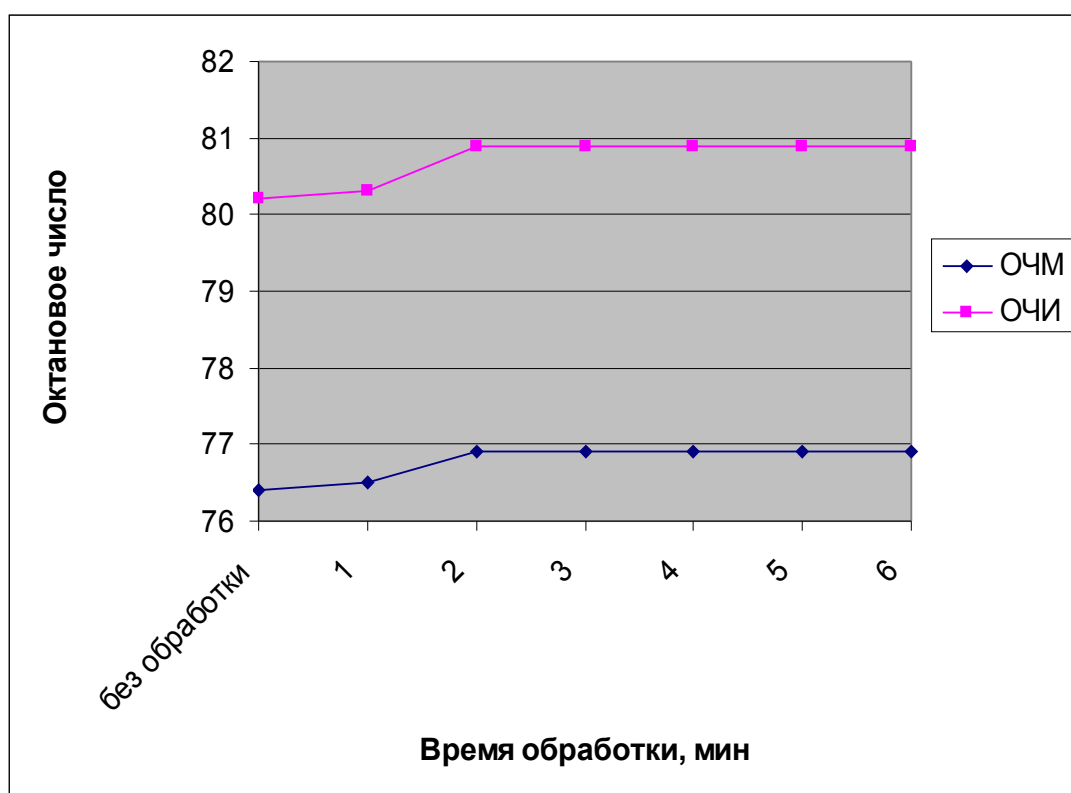


Рисунок 1. Изменение октанового числа товарного бензина А-76 при мощности облучения 231 Вт

На рис. 2, 3 и 4 представлены результаты исследований октанового числа бензина при различных вариантах мощности микроволнового облучения: 385, 539 и 700 Вт соответственно. Время микроволновой обработки образцов бензина подбиралось таким образом, чтобы затраченная мощность (Вт*мин) микроволновой обработки была одинакова.

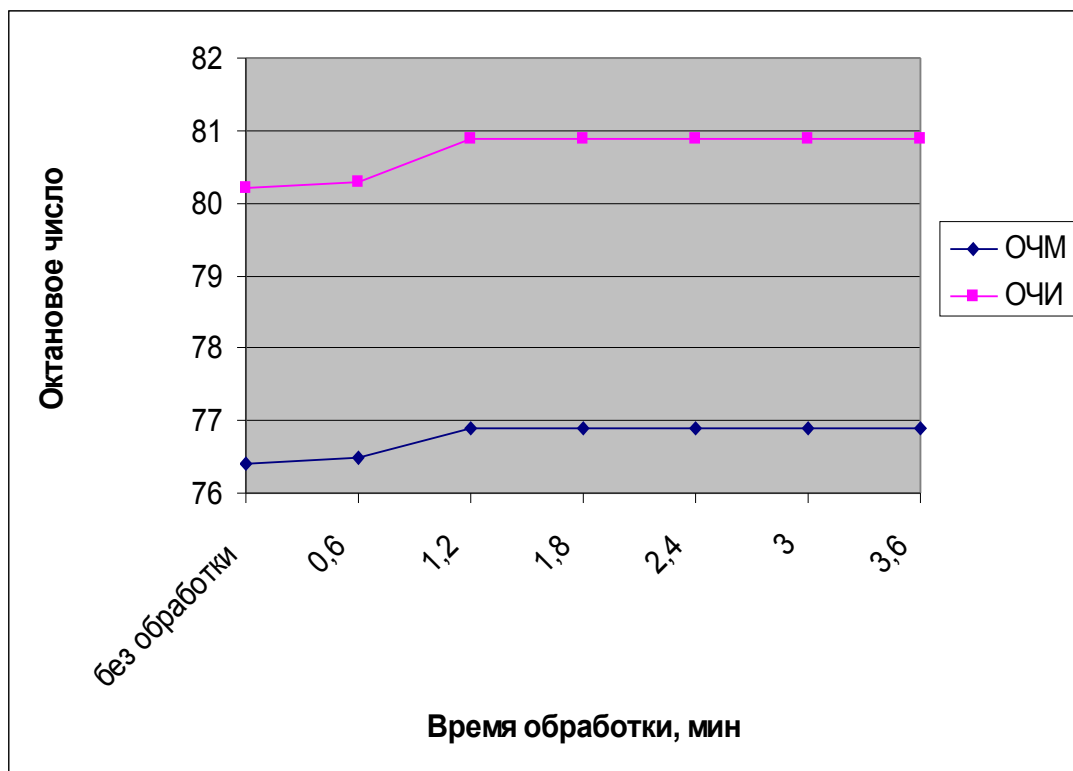


Рисунок 2. Изменение октанового числа товарного бензина А-76 при мощности облучения 385 Вт

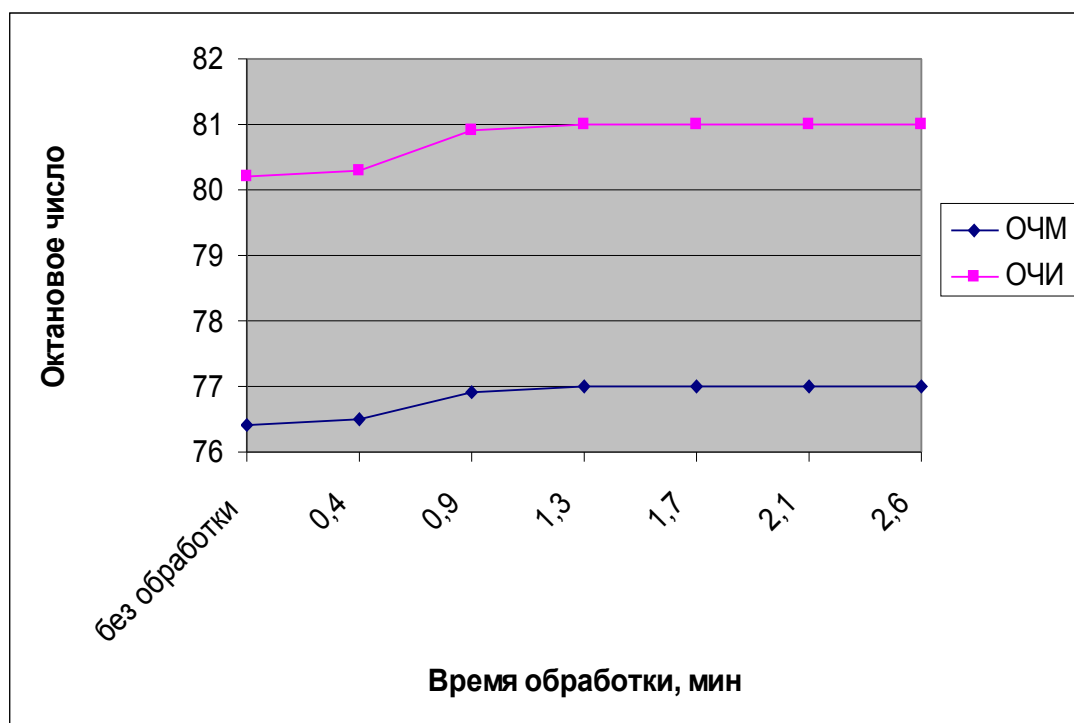


Рисунок 3. Изменение октанового числа товарного бензина А-76 при мощности облучения 539 Вт

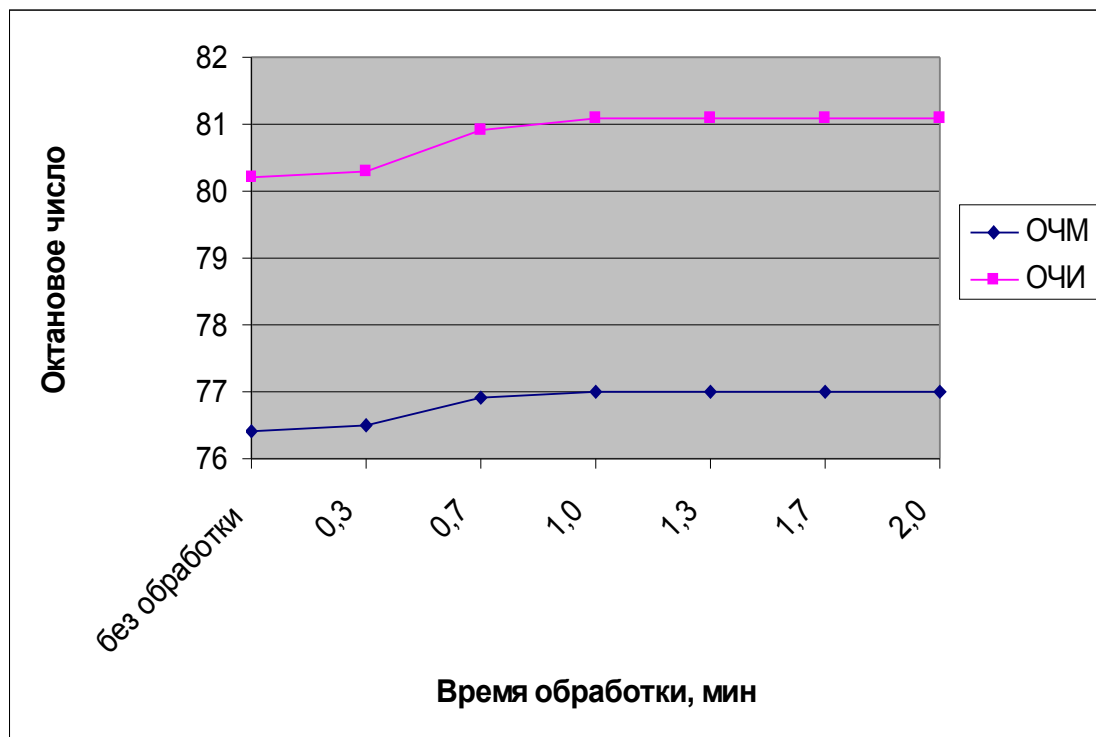


Рисунок 4. Изменение октанового числа товарного бензина А-76 при мощности облучения 700 Вт

При сравнении графиков, представленных на рис. 1-4, можно заметить, что наилучшие результаты по приросту октанового числа демонстрирует рис. 4, на котором представлены результаты исследований с максимальной мощностью / минимальным временем микроволновой обработки образца бензина. Максимальный прирост октанового числа достигает 0,6 единиц по ОЧМ и 0,9 единиц по ОЧИ.

Представленные результаты сведены в табл. 3, в которой рассчитана мощность микроволновой обработки образцов бензина, выраженная в Вт/л топлива.

Как показано в табл. 3., оптимальная мощность, потраченная на обработку бензина, составляет 231 Вт/л. При этом наилучшие результаты (выделены подчеркиванием) показывает режим облучения с максимальной мощностью излучения (700 Вт) и минимальным временем обработки (1 мин) образца бензина (далее – Режим обработки 1).

Таблица 3

Изменение октанового числа товарного бензина А-76
при различных вариантах микроволновой обработки

| Мощность на обработку, Вт/л бензина | ОЧМ при мощности излучения: | | | | ОЧИ при мощности излучения: | | | |
|---|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| | 231 Вт | 385 Вт | 539 Вт | 700 Вт | 231 Вт | 385 Вт | 539 Вт | 700 Вт |
| без обработки | 76,4 | 76,4 | 76,4 | 76,4 | 80,2 | 80,2 | 80,2 | 80,2 |
| 77 | 76,5 | 76,5 | 76,5 | 76,5 | 80,3 | 80,3 | 80,3 | 80,3 |
| 154 | 76,9 | 76,9 | 76,9 | 76,9 | 80,9 | 80,9 | 80,9 | 80,9 |
| 231 | 76,9 | 76,9 | 77 | <u>77</u> | 80,9 | 80,9 | 81 | <u>81,1</u> |
| 308 | 76,9 | 76,9 | 77 | 77 | 80,9 | 80,9 | 81 | 81,1 |
| 385 | 76,9 | 76,9 | 77 | 77 | 80,9 | 80,9 | 81 | 81,1 |
| 462 | 76,9 | 76,9 | 77 | 77 | 80,9 | 80,9 | 81 | 81,1 |

В следующей таблице показано влияние микроволновой обработки на другие эксплуатационные свойства товарного бензина. Исследования по влиянию микроволнового излучения на эксплуатационные свойства товарного топлива проводились только при одном режиме микроволнового облучения – Режиме обработки 1, показавшем наилучшие результаты по приросту октанового числа товарного бензина.

Как показывает таблица 4, помимо изменения детонационной характеристики бензина А-76, наблюдается небольшое изменение фракционного состава (снижение температуры перегонки 50% фракции на 2°С), а также немного растет давление насыщенных паров (ДНП) бензина. Эти явления связаны, по-видимому, с разрушением надмолекулярных структур в товарном топливе и упорядочением структуры топлива, в результате чего происходит высвобождение легких фракций в структуре топлива и незначительный рост ДНП.

Таблица 4

Влияние микроволновой обработки на эксплуатационные свойства товарного бензина А-76 Рязанской нефтеперерабатывающей компании

| Показатель | по ГОСТ 2084-77 для летнего топлива | Фактическое значение | | |
|---|-------------------------------------|----------------------|-------------------|------------|
| | | без обработки | режим обработки 1 | отклонение |
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ | не нормируется | 714 | 714 | нет |
| Детонационная стойкость: | | | | |
| ОЧМ | не менее 76 | 76,4 | 77 | +0,6 |
| ОЧИ | не нормируется | 80,2 | 81,1 | +0,9 |
| Содержание свинца, г/дм ³ | не более 0,013 | отсутствие | | |
| Фракционный состав: | | | | |
| температура начала перегонки бензина, °С | не ниже 35 | 38 | 38 | нет |
| 10 % бензина перегоняется при температуре, °С | не выше 70 | 67 | 67 | нет |
| 50 % бензина перегоняется при температуре, °С | не выше 115 | 108 | 106 | -2 |
| 90 % бензина перегоняется при температуре, °С | не выше 180 | 172 | 172 | нет |
| конец кипения бензина, °С | не выше 195 | 187 | 187 | нет |
| Остаток в колбе, % | не более 1,5 | 0,7 | 0,7 | нет |
| Остаток и потери, % | не более 4 | 2,8 | 2,7 | -0,1 |
| Давление насыщенных паров бензина, кПа | не более 66,7 | 66,0 | 66,2 | +0,2 |
| Кислотность, мг КОН/100 м ³ | не более 1 | 0,4 | 0,4 | нет |
| Содержание фактических смол, мг/100 см ³ | не более 5 | 2,7 | 2,7 | нет |
| Содержание серы, % масс. | не более 0,1 | 0,08 | 0,08 | нет |
| Индукционный период, мин | не менее 1200 | 1240 | 1240 | нет |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает | | | нет |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды | отсутствие | | | нет |

2. Исследование микроволновой обработки товарного бензина АИ-95

Условия проведения экспериментов с товарным бензином АИ-95 Рязанской нефтеперерабатывающей компании были такими же, как и в предыдущих исследованиях. Аналогично в экспериментах нами ограничивались время контакта и мощность излучения таким образом, чтобы не допустить нагрева образцов выше 50°C. При выборе оптимальных параметров микроволнового облучения в исследованиях мы руководствовались исключительно происходящими изменениями в октановом числе автомобильного бензина.

На рис. 5. показаны изменения октанового числа при мощности излучения 231 Вт. Время микроволновой обработки составляло от 1 до 6 минут.

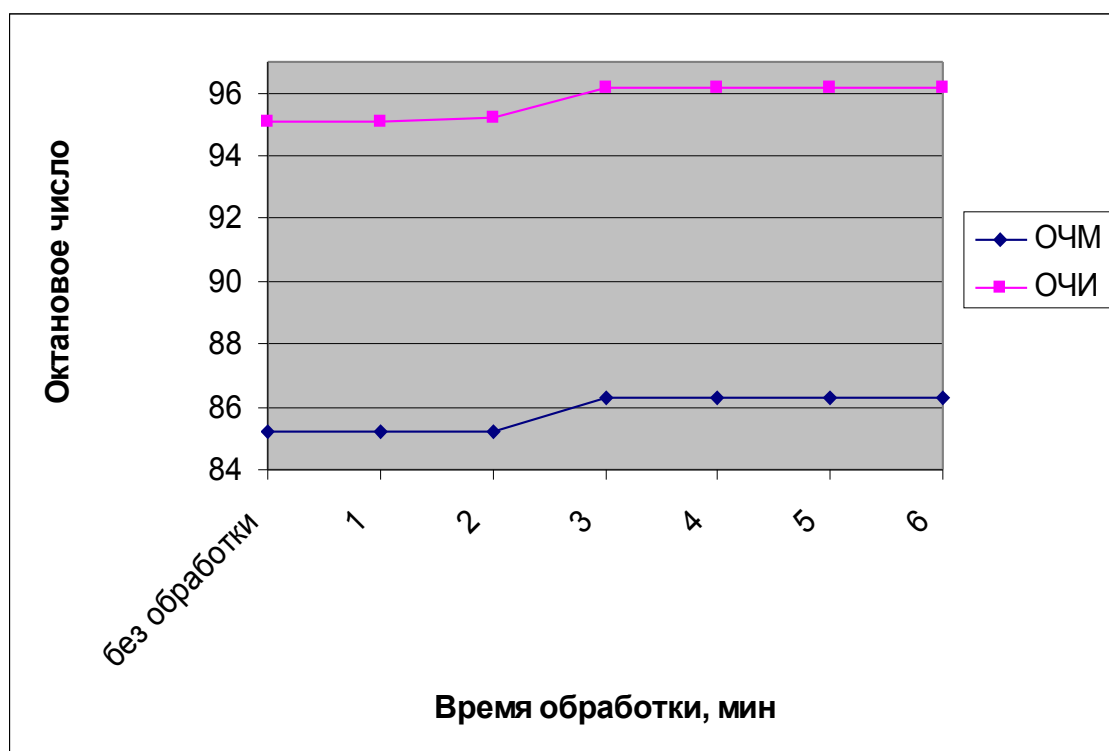


Рисунок 5. Изменение октанового числа товарного бензина АИ-95 при мощности облучения 231 Вт

Как видно из представленного рис. 5, прирост октанового числа достигает 1,1 единиц как по ОЧМ, так и по ОЧИ, что находится за пределами ошибки прибора. При времени обработки 3 мин. графики, так же как и в случае с бензином АИ-91, выходят «на плато», т.е. не происходит дальнейшего роста октанового числа при увеличении времени микроволнового облучения. Сравнение результатов облучения бензина АИ-95 Рязанской нефтеперерабатывающей компании с низкооктановыми марками товарных бензинов и бензином марки АИ-91, представленных ранее, показывает, что микроволновая обработка данного бензина при мощности сигнала 231 Вт оказывает значительно более существенное влияние на бензин АИ-95 после 3-х минутной обработки с позиции прироста октанового числа. Это, по-видимому, связано с наличием, в первую очередь, ароматических компонентов в составе этой марки бензина, поскольку базовыми компонентами данного бензина на Рязанской нефтеперерабатывающей компании служат бензины каталитического крекинга и риформинга. Более подробно влияние микроволновой обработки различных компонентов товарных бензинов в зависимости от происхождения будет рассмотрено в следующей главе.

На рис. 6, 7 и 8 представлены результаты исследований октанового числа бензина АИ-95 при различных вариантах мощности микроволнового облучения: 385, 539 и 700 Вт соответственно. Время микроволновой обработки образцов бензина подбиралось таким образом, чтобы затраченная мощность (Вт*мин) микроволновой обработки была одинакова.

При сравнении графиков, представленных на рис. 5-8, можно заметить, что при проведенном исследовании с товарным бензином АИ-95 характер зависимости прироста октанового числа от мощности/времени микроволновой обработки образца бензина практически повторяет характер кривых, полученных при исследованиях с бензином АИ-91 того же завода. Максимальный прирост октанового числа достигает 1,1 единиц как по ОЧМ, так и по ОЧИ.

Представленные результаты сведены в табл. 5, в которой рассчитана мощность микроволновой обработки образцов бензина, выраженная в Вт/л топлива.

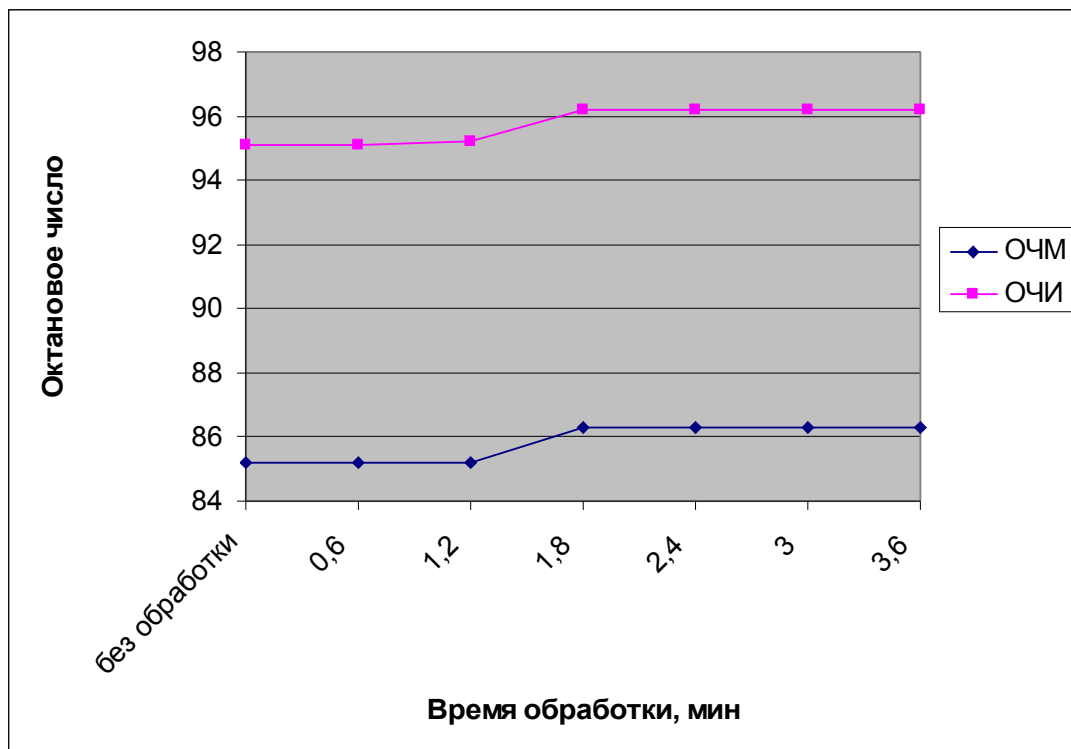


Рисунок 6. Изменение октанового числа товарного бензина АИ-95 при мощности облучения 385 Вт

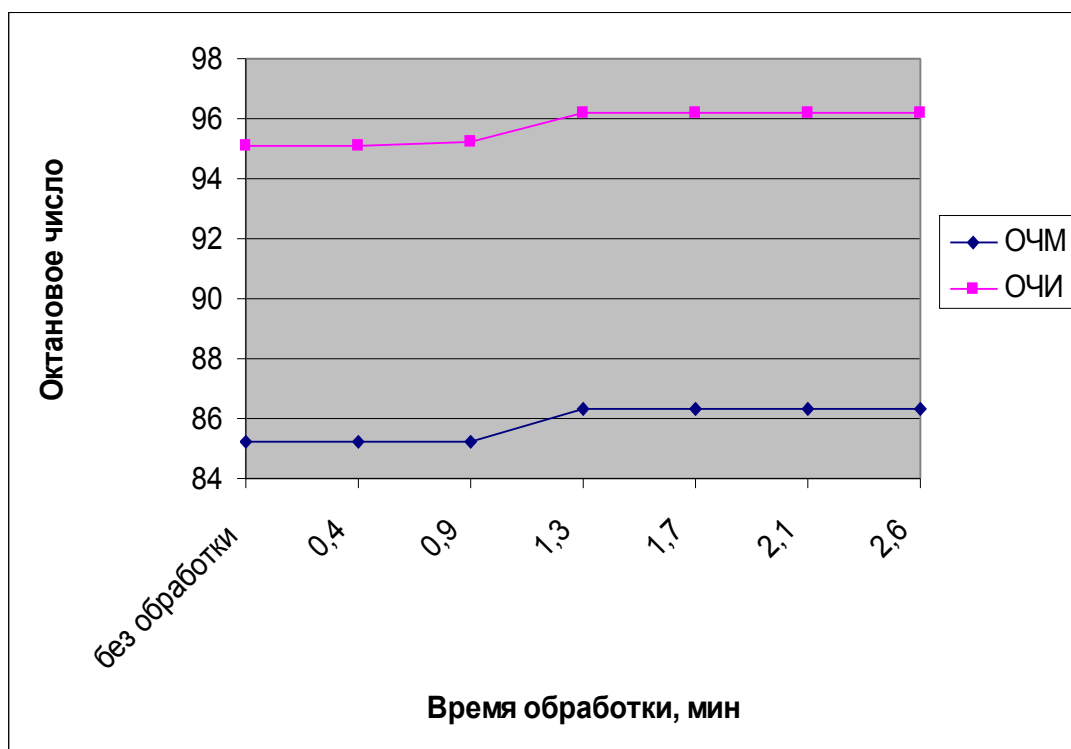


Рисунок 7. Изменение октанового числа товарного бензина АИ-95 при мощности облучения 539 Вт

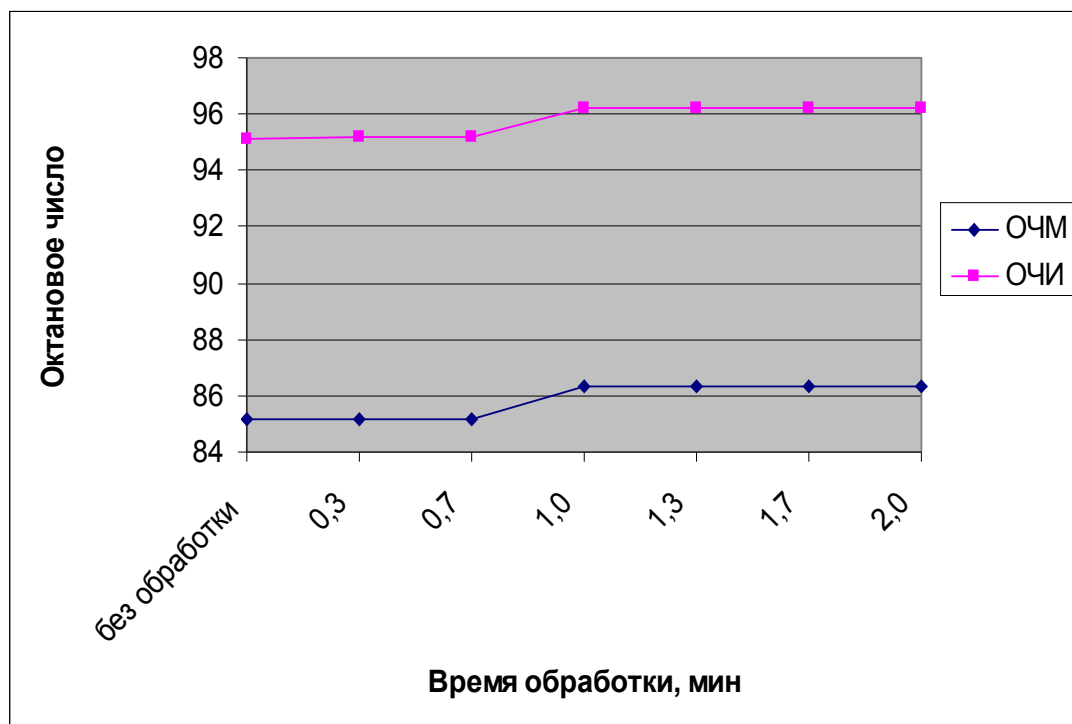


Рисунок 8. Изменение октанового числа товарного бензина АИ-95 при мощности облучения 700 Вт

Таблица 5

Изменение октанового числа товарного бензина АИ-95 при различных вариантах микроволновой обработки

| Мощность на обработку, Вт/л бензина | ОЧМ при мощности излучения: | | | | ОЧИ при мощности излучения: | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 231 Вт | 385 Вт | 539 Вт | 700 Вт | 231 Вт | 385 Вт | 539 Вт | 700 Вт |
| без обработки | 85,2 | 85,2 | 85,2 | 85,2 | 95,1 | 95,1 | 95,1 | 95,1 |
| 77 | 85,2 | 85,2 | 85,2 | 85,2 | 95,1 | 95,1 | 95,1 | 95,2 |
| 154 | 85,2 | 85,2 | 85,2 | 85,2 | 95,2 | 95,2 | 95,2 | 95,2 |
| 231 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 96,2 | 96,2 | 96,2 | 96,2 |
| 308 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 96,2 | 96,2 | 96,2 | 96,2 |
| 385 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 96,2 | 96,2 | 96,2 | 96,2 |
| 462 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 96,2 | 96,2 | 96,2 | 96,2 |

Как показано в табл. 5, минимальная мощность, потраченная на обработку бензина, составляет 231 Вт/л для максимального прироста ОЧ как по исследовательскому, так и по моторному методам (далее – Режимы обработки 2). Наилучшие результаты выделены подчеркиванием.

В следующей таблице показано влияние микроволновой обработки на другие эксплуатационные свойства товарного бензина. Исследования по влиянию микроволнового излучения на эксплуатационные свойства товарного топлива проводились только при одной мощности микроволнового облучения на единицу объема топлива – Режиме обработки 2, показавшем наилучшие результаты по приросту октанового числа товарного бензина АИ-95, при этом по аналогии с предыдущими исследованиями с низкооктановыми марками автомобильных бензинов был выбран режим с максимальной мощностью излучения 700 Вт и минимальным временем обработки – 1 мин.

Как показывает таблица 6, помимо изменения детонационной характеристики бензина АИ-95, так же как и с бензином АИ-92 того же завода, наблюдается небольшое изменение фракционного состава (снижение температуры перегонки 10 и 50% бензина на 1 и 4°С соответственно), а также немного растет давление насыщенных паров (ДНП) бензина. Эти явления связаны, по-видимому, с разрушением надмолекулярных структур в товарном топливе и упорядочением структуры топлива, в результате чего происходит высвобождение легких фракций в структуре топлива и незначительный рост ДНП.

Таблица 6

Влияние микроволновой обработки на эксплуатационные свойства товарного бензина АИ-95 Рязанской нефтеперерабатывающей компании

| Показатель | по ГОСТ 2084-77 для летнего топлива | Фактическое значение | | |
|---|-------------------------------------|----------------------|-------------------|------------|
| | | без обработки | режим обработки 4 | отклонение |
| Плотность при 20°C, кг/м ³ | не нормируется | 741 | 741 | нет |
| Детонационная стойкость: | | | | |
| ОЧМ | не менее 82,5 | 85,2 | 86,3 | +1,1 |
| ОЧИ | не менее 91 | 95,1 | 96,2 | +1,1 |
| Содержание свинца, г/дм ³ | не более 0,013 | отсутствие | | |
| Фракционный состав: | | | | |
| температура начала перегонки бензина, °С | не ниже 35 | 38 | 38 | нет |
| 10 % бензина перегоняется при температуре, °С | не выше 75 | 71 | 70 | -1 |
| 50 % бензина перегоняется при температуре, °С | не выше 120 | 114 | 110 | -4 |
| 90 % бензина перегоняется при температуре, °С | не выше 180 | 177 | 177 | нет |
| конец кипения бензина, °С | не выше 205 | 202 | 202 | нет |
| Остаток в колбе, % | не более 1,5 | 1,2 | 1,2 | нет |
| Остаток и потери, % | не более 4 | 3,3 | 3,3 | нет |
| Давление насыщенных паров бензина, кПа | не более 66,7 | 65,9 | 66,0 | +0,1 |
| Кислотность, мг КОН/100 м ³ | не более 3 | 1,7 | 1,7 | нет |
| Содержание фактических смол, мг/100 см ³ | не более 5 | 3,6 | 3,6 | нет |
| Содержание серы, % масс. | не более 0,1 | 0,02 | 0,02 | нет |
| Индукционный период, мин | не менее 900 | 1120 | 1120 | нет |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает | | | нет |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды | отсутствие | | | нет |

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Микроволновая обработка товарных автомобильных бензинов оказывает влияние на их физико-химические и эксплуатационные свойства.

2. Микроволновая обработка оказывает более существенное влияние на прирост октанового числа высокооктановых марок бензинов, нежели на низкооктановые, что, по-видимому, связано с наличием углеводородных групп, подверженных более сильному влиянию микроволнового поля.

3. Микроволновая обработка незначительно облегчает фракционный состав товарных бензинов, снижая температуры перегонки 10 и 50% бензина.

4. Микроволновая обработка незначительно повышает давление насыщенных паров товарных бензинов, что коррелируется со снижением температуры перегонки бензина.

Литература

1. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2004. – 445 с.
2. Слоним И.Я. Определение размера частиц по светорассеянию.- Опт. и спектр., 1960, т.8, вып.1, с.98-108.
3. Белкин В.С., Бухарин В.А., Дубровин В.К. и др. Наносекундные электромагнитные импульсы и их применение. Под ред. В.В.Крымского – Челябинск: Изд. «Татьяна Лурье», 2001. – 199 с.
4. Термодинамика и явления переноса в дисперсных системах в электромагнитном поле. - Уфа: БашГУ, 1998. 175 с.
5. Термодинамика и явления переноса в дисперсных системах в электромагнитном поле. - Уфа: БашГУ, 1998. – 175 с.
6. Кислицин А.А. Тепломассоперенос в многофазных системах под воздействие высокочастотного электромагнитного излучения: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Тюмень, 1997. – 44 с.
7. Ковалева Л.А. Тепло- и массоперенос многокомпонентных углеводородных систем в высокочастотном электромагнитном поле: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Москва, 1998. – 31 с.