Знание вязкости биодизельного топлива имеет большое значение при проектировании оборудования для процессов синтеза и использования биотоплива в дизельных двигателях. В отношении работы двигателя, топливо с высокой вязкостью, как правило, образует более крупные капли после инъекции, что может привести к ухудшению распыления топлива, увеличению отложений в двигателе, большому энергопотреблению и износу топливного насоса и элементов форсунок. С другой стороны, топливо с низкой вязкостью не может обеспечить достаточную смазку насосов впрыска топлива, в результате возникают утечки и повышенный износ[1,2]. В настоящей работе, были определены кинематические вязкости нескольких образцов биодизеля, произведенных этанолизом, при различных температурах. Была разработана модифицированная методика для расчета вязкости этиловых эфиров жирных кислот, выведена зависимость концентрации эфиров от вязкости.

Кинематическая вязкость этиловых эфиров жирных кислот в значительной степени зависит от их химической структуры. Длина цепи, количество и положение химических групп, в которых находится двойная связь, а также характер окисленных фрагментов, влияют на вязкость. Она возрастает с увеличением длины углеродной цепи и уменьшается с числом двойных связей. Одной из основных проблем при изучении или промышленном применении процесса трансэтерификации растительных масел является определение содержания этиловых эфиров. Авторами был применен аналитический метод для оценки содержания этиловых эфиров в очищенном, пригодном для применения продукте трансэтерификации путем применения простой корреляции с вязкостью [3]. Корреляция была протестирована на большом количестве образцов с различным содержанием этиловых эфиров. Этот метод позволяет быстро и просто определить содержание этиловых эфиров, что чрезвычайно важно, поскольку состав этого вида топлива меняется. Экспериментальная часть

Для получения биодизельного топлива использовалась периодическая установка, представленная на рис.1. Молярное соотношение этилового спирта и рапсового масла составляло 2,5:1. Эксперимент проводился при давлении 30 МПа и температурах 280,300,320 и 350 0С[4]. Рис. 1 - Схема периодической установки для получения биодизельного топлива: 1 - реакционная ячейка; 2 - муфельная печь; 3 - горячий спай термопары; 4 - трубка датчика давления; 5 - датчик давления ПД100-ДИ; 6,7,11 - вторичные приборы ТРМ-101 для измерения давления и температуры; 8 - электронагреватель; 9 - подставка печи; 10 - теплоизоляция. Полученный продукт трансэтерификации содержит избыточное количество этилового спирта. Возникает необходимость очистки продукта реакции, для соответствия его ГОСТам и международным стандартам биодизельного топлива [5]. Для удаления свободного этанола авторами применялся роторный тонкопленочный испаритель с косозубыми скребками американской фирмы Pope scientific (рис.2). Рис. 2 - Роторный тонкопленочный

испаритель с косозубыми скребками и змеевиковым конденсатором Очищенный продукт поступал в колбу для сбора упаренного вещества. Полученный этанол повторно использовался для проведения реакции трансэтерификации. Авторами были проведены измерения кинематической вязкости очищенных образцов биодизельного топлива. Вязкость определялась при помощи стандартного вискозиметра ВПЖ-2 диаметром 0,56 мм ГОСТ 10028-81. Измерение вязкости каждого образца проводилось 5 раз, по полученным данным было вычислено среднее значение. Для вычисления вязкости использовалась формула: $v = (g \cdot T \cdot K) / 9.807$, (1) где К - постоянная вискозиметра (К=0,01 для ВПЖ-2 с диаметром 0,56 мм); Т - время истечения жидкости в секундах; v - кинематическая вязкость жидкости; g - ускорение свободного падения (м/с²). Средние вязкости и концентрации образцов биодизеля, полученных с добавлением катализатора и без него, представлены в таблице 1.

Температура, 0С	Средняя вязкость образцов без катализатора	Концентрация образцов без катализатора	Средняя вязкость образцов с катализатором	Концентрация образцов с катализатором
280	9,57	59,01	7,62	70,84
300	7,49	71,87	5,49	87,81
320	5,196	90,38	5,05	91,93
350	5,41	88,42		

Зависимости концентрации этиловых эфиров жирных кислот от кинематической вязкости и кинематической вязкости от температуры отображены на рис.3 и 4 соответственно. Рис. 3 - Зависимость концентрации этиловых эфиров жирных кислот от логарифма кинематической вязкости Рис. 4 - Зависимость кинематической вязкости этиловых эфиров жирных кислот от температуры Выведена формула для вычисления концентрации этиловых эфиров жирных кислот по вязкости: $C = A \cdot \ln(v) + B$, (2) где: С - концентрация образца биодизельного топлива, %; v - кинематическая вязкость, мм²/с, А= -98,327 и В= 139,69 - коэффициенты[6].

Заключение
Полученные данные позволяют говорить о том, что при повышении температуры проведения процесса вязкость образцов биодизельного топлива снижается, а концентрация этиловых эфиров жирных кислот соответственно растет. Применение гетерогенного катализатора снижает вязкость биодизеля, улучшает кинетику процесса, а следовательно повышает конверсию, которая достигает максимального значения - 91-92 %, при давлении 30 МПа и температуре 320 0С.