

Для производства автомобильных бензинов используют сложный комплекс технологических процессов первичной и вторичной переработки нефти, а также различные присадки и добавки, которые обеспечивают соответствие этого вида моторного топлива современным требованиям [1]. Для улучшения ряда эксплуатационных свойств в бензины вводятся оксигенаты. К ним относятся метил-трет-бутиловый (МТБЭ), этил-трет-бутиловый (ЭТБЭ), трет-амил-метиловый (ТАМЭ) и диизопро-пиловый (ДИПЭ) эфиры, а также топливный этанол. Общий объем производства эфирных добавок к бензинам составляет около 6 млн. тонн в год, а топливного этанола - 4 млн. тонн в год. Содержание кислородсодержащих добавок в высокооктановом бензине разных стран варьируется от 6 до 15%. Эфиры являются основными кислородсодержащими компонентами бензинов с улучшенными экологическими свойствами. Они улучшают антидетонационные характеристики моторных топлив (их октановые числа равны 111-118 по исследовательскому и 98-102 по моторному методу), способствуют более полному сгоранию топлива и уменьшают концентрацию вредных компонентов в выхлопных газах [2-4]. Наиболее распространенным среди эфиров до недавнего времени являлся МТБЭ. Мировой спрос на него по данным на 2009 год составлял 13,8 млн. тонн. Однако в связи с запретом на его использование в производстве бензинов мощности его получения постепенно снижаются. Доля потребления ЭТБЭ и ТАМЭ увеличивается. Согласно информации The European Fuel Oxygenates Association, на 1 января 2010 года мощности по производству эфиров в Европе составляли: ЭТБЭ – 3,6 млн. тонн, МТБЭ – 2 млн. тонн, ТАМЭ – 0,63 млн. тонн [1]. Лидером в производстве ТАМЭ является Италия (Sarroch – 268 тыс. тонн в год). Крупными производителями ТАМЭ являются Германия (Schwedt – 160 тыс. тонн), Финляндия (Porvoo – 110 тыс. тонн) и Греция (Aspropyrgos – 92 тыс. тонн). В России производителями ТАМЭ являются ОАО «ТАИФ-НК» (152,8 тыс. т./год), ООО «САНОРС» (300 тыс. т./год), ОАО «Коримос» (30 тыс. т./год). Целью работы является проектирование установки получения ТАМЭ с модернизацией узла синтеза эфира. По сравнению с МТБЭ у ТАМЭ более низкое октановое число, но его можно вводить в топливо в большем объеме (до 15% масс.), замещая при этом избыток ароматических углеводородов. Низкое давление насыщенных паров и большая теплотворная способность ТАМЭ обеспечивает стабильность топлива и снижает его расход. Кроме того, ТАМЭ имеет более низкую растворимость в воде и быстро разлагается естественным образом. В последние годы в России существенно повысилась доля производства высокооктановых бензинов [5] и согласно схеме развития нефтяной отрасли на период до 2020 года планируется ее дальнейшее увеличение. По предварительным данным на долю бензина АИ-95 будет приходиться 75% от количества потребляемого бензина [6]. Причем требования, предъявляемые к свойствам и качеству автомобильных бензинов, постоянно ужесточаются [7]. В связи с этим является актуальной модернизация установки

получения ТАМЭ. Модернизация заключалась в подборе катализатора, который позволил бы увеличить глубину превращения изоамиленов на действующей установке. Синтез эфира осуществляют взаимодействием изоамиленов с метиловым спиртом в присутствии твердых кислотных катализаторов: $\text{CH}_3 | \text{CH}_3\text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2 \text{COCH}_3 | \text{CH}_3$ Источником изоамиленов является легкая бензиновая фракция, содержащая около 20% изоамиленов. Для подавления реакции димеризации изоамиленов процесс проводят при небольшом избытке спирта над стехиометрическим его количеством. Это обеспечивает более эффективный контроль температуры. Процесс ведется в двух последовательных реакторах адиабатического типа с тремя реакционными зонами (рис. 1). Температура сырья на входе в реакторы составляет не более 60 °С, давление в верхней части – не более 0,7 МПа в первом реакторе и не более 0,6 МПа во втором. Съем тепла, выделяемого в процессе реакции, осуществляется в выносных теплообменниках промышленной водой. Перед теплообменниками установлены фильтры для отделения реакционной массы от катализаторной пыли. В качестве катализаторов могут применяться такие катализаторы как КУ-2, КУ-23, КУ-2ФПП, КИФ-Т, КИФ, AMBERLYST-15,35,36, Пьюролайт, Байер К-2631; Дауэкс М32[8-15]. На действующей установке завода бензинов ОАО «ТАИФ-НК» используется катализатор «LEWATIT» марки K2620. Цена такого катализатора 200 руб./л., глубина превращения изоамиленов 65%, срок службы катализатора 1 год. В результате проведенного патентного поиска предлагается использование катализатора «AMBERLYST» 35 WET [8]. Он обладает более высокой селективностью, срок службы 1,5 года, цена заметно ниже (170 руб./л.), глубина превращения изоамиленов в ТАМЭ достигает 72%. В результате замены катализатора повышается массовая доля ТАМЭ в товарном продукте с 18,25% до 20,13%. Технологическая схема получения ТАМЭ включает узлы синтеза эфира, выделения товарного эфира и возврата метанола-рецикла. Общий вид установки представлен на рис.2. Схема узла синтеза была разработана с использованием программы CADWorx P&ID. Система автоматизации и КИПиА данного блока спроектирована в соответствии с международным стандартом ANSI/ISA. Рис. 1 – Технологическая схема узла синтеза ТАМЭ Технико-технологические и механические расчеты используемого оборудования были проведены с использованием программ Hysys и MathCad. Графическая часть проекта состоит из 3d моделей основного и вспомогательного оборудования, металлоконструкций, выполненных с использованием программ CADWorxEquipment и CADWorxSteel. Компоновка и обвязка оборудования технологическими трубопроводами и запорно-регулирующей арматурой проведена в программе CADWorxPlant. Рис. 2 – 3D модель установки получения ТАМЭ