

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЗАМЕНЕ ФТОРОРГАНИЧЕСКИХ  
РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА ВОДНО-МОЮЩИЕ РАСТВОРЫ  
ПРИ ОБЕЗЖИРИВАНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Д. С. Абраменко, М. М. Хвостов

*ВАТ «Український науково-дослідний інститут технології машинобудування»*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗ ЗАМІНИ ФТОРОРГАНІЧНИХ РОЗЧИННИКІВ  
НА ВОДНО-МИЮЧІ РОЗЧИНИ ПРИ ЗНЕЖИРЮВАННІ ПОВЕРХОНЬ**

Наводяться результати експериментальних досліджень щодо заміни фторорганічних розчинників на водно-миючі засоби при знежирюванні поверхонь. Розглянуто механізм дії поверхово-активних речовин. Зроблено порівняльний аналіз якості знежирювання водно-миючих розчинів та фторорганічного розчинника – трифтортрихлоретану.

*Ключові слова: фторорганічні розчинники, ракетно-космічна техніка, знежирювання.*

D. S. Abramenko, M. M. Khvostov

*Public corporation «Ukrainian research institute of the engineering technologies»*

**ANALYSIS OF A REPLACEMENT OF THE ORGANOFUORIC SOLVENTS  
BY THE WATER DETERGENTS WHILE DEFATTING SURFACES**

Results of the experimental researches what about replacement of the organofluoric solvents by the water detergents solutions while defatting surfaces are given in the present paper. The mechanism of the surface-active fluids activity is investigated. The comparative analysis of the quality of de-greasing by the water detergents and organofluoric solvent is done.

*Keywords: organofluoric solvents, rocket-space, defatting.*

При производстве ракетно-космической техники (РКТ) одной из наиболее ответственных операций является очистка деталей и узлов от жировых загрязнений.

В 70-х гг. при очистке узлов и сборочных единиц ракет-носителей, работающих на экологически безопасных видах топлив (кислород, керосин), в основном топливных баков, трактов пневмо- и гидросистем, двигательных установок, узлов автоматики, стал применяться фреон-113, выпускаемый в СССР, а впоследствии и в России под наименованием хладон-113.

Однако к концу 80-х гг. в мире наметилось негативное отношение к некоторым органическим соединениям, содержащим атомы хлора и фтора, которые, разлагаясь под действием солнечного излучения, препятствуют образованию новых молекул озона и разрушают уже существующие. В список озоноразрушающих веществ (ОРВ) попали хлорфторуглероды (ХФУ, или фреоны, в том числе и хладон-113), тетра-хлорметан (ТХМ), метилхлороформ (МХФ). В 1987 г. в Монреале большинством стран мирового сообщества, включая СССР, был подписан протокол о прекращении производства и применении веществ, разрушающих озоновый слой атмосферы.

На состоявшемся в Лондоне в июне 1990 г. совещании стран, подписавших Монреальский протокол, было уточнено, что производство и потребление фреонов-11, 12, 113, 114 сокращается к 1993 г. на 20 %, к 1995 г. – на 50 %, к 1997 г. – на 85 % и к 2000 г. полностью прекращается.

Возникла проблема замены хладона-113 на альтернативные моющие средства. Исследовательские работы по замене хладона-113 на другие известные растворители не дали результатов, так как наиболее подходящие растворители оказались либо пожароопасными, либо токсичными.

В Украине не существует научно-исследовательской базы для проведения самостоятельных исследований по созданию и анализу свойств новых органических рас-

творителей, не разрушающих озоновый слой атмосферы, а проведение совместных исследовательских работ с ведущими российскими предприятиями, занимающимися аналогичной проблемой – РНЦ «Прикладная химия» (г. Санкт-Петербург), ОАО «Энергомаш» (г. Химки), представляется затруднительным из-за отсутствия финансирования.

Поэтому до решения вопроса по определению озононеразрушающего универсального органического растворителя представляется целесообразным проведение исследований возможности замены хладона-113 для обезжиривания отдельных групп деталей и сборочных единиц на водно-моющие растворы.

### **ВЫБОР ВОДНО-МОЮЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для практических целей при подборе моющих средств необходимо представлять механизм их действия, тип и характер загрязнений. Поэтому вначале целесообразно рассмотреть характер и состав загрязнений, являющихся объектом применения моющих средств.

В РКТ загрязнения характеризуются по прочности связи с поверхностью деталей (Бедрик, 1989). Различают три степени прочности связи: слабая, средняя, сильная. При слабом загрязнении поверхность детали покрыта легкими неравномерными загрязнениями (например, масла, пыль). При среднем загрязнении поверхность детали покрыта небольшим равномерным слоем смазки, эмульсионных охлаждающих жидкостей с частицами металлической стружки. Такое загрязнение характерно в основном для деталей, находящихся в стадии механической обработки. Эта степень характеризуется удельным содержанием загрязнений менее  $5 \text{ г/м}^2$ . При сильном загрязнении – более  $5 \text{ г/м}^2$  – поверхность детали покрыта толстым слоем консервационной смазки или масла после термической обработки. В зависимости от характера связи загрязнений с поверхностью деталей будет расходоваться различное количество энергии.

На узлах пневмогидросистем РКТ чаще всего встречаются загрязнения со средней и слабой степенью связи (Белянин, 1982).

Механизм действия моющих веществ до настоящего времени еще полностью не изучен, но современная теория рассматривает моющий эффект как результат проявления комплекса физико-химических свойств моющего препарата, т. е. растворяющей, смачивающей, эмульгирующей, диспергирующей, стабилизирующей и пленкообразующей способности. Все эти свойства являются результатом воздействия поверхностно-активных веществ (ПАВ), характерного для растворения мыл и проявляющегося в адсорбции его полярных молекул на границе раздела фаз. Поэтому моющие вещества относятся к группе ПАВ (Белянин, 1982; Бедрик, 1989).

Моющее действие веществ можно охарактеризовать как способность веществ и их растворов удалять с поверхности загрязнения и переводить их во взвешенное состояние в виде эмульсии или суспензии. Для проявления эффективного моющего действия поверхностно-активные вещества должны обладать соответствующим молекулярным строением и свойствами, которые позволяют отнести их к особому классу моющих веществ. Эти свойства и структура характерны для одного из лучших моющих средств – обычного жирового мыла, и поэтому все многочисленные синтетические моющие средства рассматриваются как типичные мыла. Помимо мыл сложные моющие средства включают еще различные активизирующие добавки – электролиты, гидрофильные (растворяющиеся в воде) защитные коллоиды – стабилизаторы, препятствующие обратному прилипанию отмытых частиц загрязнения к очищенной поверхности.

Механизм моющего эффекта в упрощенном варианте можно представить следующим образом. Вначале происходит смачивание загрязненной поверхности объекта раствором, содержащим ПАВ. Загрязнения отделяются от поверхности и удерживаются в растворе.

Затем молекулы ПАВ адсорбируются на частицах загрязнения. При применении водных растворов гидрофобные (не растворяющиеся в воде) части молекул ПАВ направлены в сторону загрязнения, гидрофильные – в раствор. На границе раздела «загрязнения – раствор» благодаря адсорбции ПАВ резко снижается поверхностное натяжение. За счет этого между частицей загрязнения и поверхностью объекта лучше проникает моющий раствор, создавая адсорбированный слой ПАВ. Возникает расклинивающий эффект, что обеспечивает отрыв частицы загрязнения от поверхности объекта.

Важным этапом в моющем процессе являются стабилизация в растворе отмытых загрязнений и предупреждение их повторного осаждения на очищенную поверхность. Стабилизация загрязнений зависит в основном от состава моющего раствора и технологических условий его применения (концентрации, температуры, загрязненности).

На рис. 1 показана схема моющего процесса, состоящего из ряда последовательных этапов. Поскольку почти все загрязнения гидрофобны, то вода, обладая большим поверхностным натяжением, не смачивает загрязненные поверхности и стягивается в отдельные капли (этап I). При растворении в воде моющего средства поверхностное натяжение раствора резко уменьшается и раствор смачивает загрязнение, проникая в его трещины и поры (этап II). При этом снижается сцепляемость частиц загрязнения между собой и с поверхностью. При механическом воздействии увлекаемые молекулами моющего средства грязевые частицы переходят в раствор (этап III). Молекулы моющего средства обволакивают загрязнения и отмытую поверхность, что препятствует укрупнению частиц и оседанию их на поверхность (этап IV). В результате частицы загрязнения во взвешенном состоянии стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним.

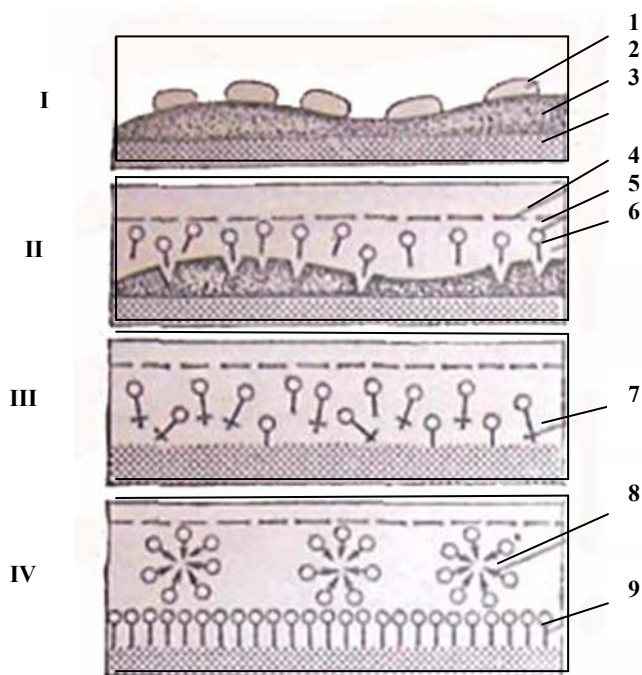


Рис. 1. Схема моющего процесса:

I-IV – этапы моющего процесса; 1 – капля воды; 2 – загрязнение; 3 – очищаемая поверхность; 4 – моющий раствор; 5 – гидрофильная часть молекулы ПАВ; 6 – гидрофобная часть молекулы ПАВ (радикал); 7 – перевод частиц загрязнений в раствор; 8 – частицы загрязнения, стабилизированные в растворе; 9 – адсорбированные молекулы ПАВ на очищенной поверхности

При очистке поверхностей от загрязнений жирового характера эффективность моющего действия зависит от солюбилизирующей способности ПАВ (способности удержать в себе частицы загрязнителя). Молекулы солюбилизирующего вещества входят внутрь мицеллы, располагаясь между гидрофобными концами молекул ПАВ. Растворимые в органических растворителях ПАВ проявляют поверхностную активность в основном на границе раздела «жидкость – твердое тело», а также на границе раздела с водой.

Поверхностная активность на границе с металлом или водой определяет функциональные свойства ПАВ на поверхности – проявление защитных противокоррозионных, противоизносных, антифрикционных и других свойств. Противоизносные и противокоррозионные свойства масел с присадками объясняют адсорбцией присадок на поверхности металла, то же относится и к ингибиторам коррозии.

Существуют водомаслорастворимые ПАВ, применяемые в системах «нефтепродукт – вода». Гидрофильные части молекул обеспечивают им растворимость в воде, а гидрофобные – придают растворимость в углеводородах (горючем и маслах).

С учетом изложенного в состав водно-моющих средств (ВМС) включаются поверхностно-активные вещества, которые проявляют, как правило, универсальные гидрофобно-гидрофильные свойства. При этом один конец молекулы взаимодействует с молекулой загрязнения, другой – с молекулой воды. В таких условиях ПАВ накапливаются на границе раздела фаз «поверхности техники – загрязнения», обеспечивая эффективность отделения частиц загрязнений от поверхности.

Свойства ВМС в значительной степени определяются свойствами входящих в их состав компонентов. Подбор же компонентов определяется исходя из назначения ВМС. Каждый компонент выполняет соответствующую функцию в сложном механизме процесса очистки техники. При этом основную роль играют ПАВ, а также соединения, улучшающие моющий эффект.

Для удаления загрязнений со средней и слабой степенью связи в машиностроении применяется ряд ВМС, серийно выпускаемых в Украине и России. Для проведения исследований были выбраны наиболее подходящие по своим технико-экономическим показателям следующие средства для очистки конструктивных материалов изделий РКТ:

- Деталан-10;
- О-БИС-КП;
- Гала;
- Ферри.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ**

При проведении экспериментов использовались стеклянные пластины 100 × 150 мм определенной шероховатости. На пластины наносилось одинаковое количество загрязнений. Далее пластины погружались в ВМР с концентрацией 0,5; 1; 3 и 8 % и температурой 20, 40 и 60 °С. Через каждые 5 минут осуществлялось сравнение качества обезжиривания образцов ВМР и хладоном-113.

В качестве загрязнений использовали синтетические масла и масла природного происхождения:

- И12А;
- МР СОЖ;
- Авитол-2;
- масло растительное;
- масло коровье;
- свиной жир.

Результаты очистки пластин выбранными ВМС и хладоном-113 представлены на рис. 2–6, на которых отображена зависимость продолжительности обезжиривания образца от применяемого ВМС, его концентрации и температуры моющего раствора.

Наиболее эффективными по скорости удаления жировых загрязнений представляются ВМР на основе О-БИС-КП и Деталана.

При увеличении концентрации растворов время обезжиривания существенно сокращается.

При изменении температуры растворов качество обезжиривания меняется по-разному. Для ВМР на основе О-БИС-КП, Деталана и Галы время обезжиривания заметно сокращается. При увеличении температуры ВМР на основе Ферри до 40–60 °С эффективность отмывки не повышается, а, наоборот, падает.

3%-е ВМР большинства ВМС уже при температуре раствора 20 °С достигают эффективности обезжиривания на уровне хладона-113.

На основании полученных результатов экспериментов и выявленных физико-химических свойств ВМС для дальнейших экспериментов были отобраны два мощных средства: Деталан и О-БИС-КП.

В следующей серии экспериментов исследовалось удаление жировых загрязнений из щелевых зазоров величиной 0,15; 0,5 и 1 мм, образованных парами упомянутых пластин.

Первоначально величина щелевого зазора принималась максимальной – 1 мм, условия и параметры обезжиривания среднего значения, т. е. концентрация ВМР – 3 %, температура – 20 °С, время мойки – 20 мин.

Если образец отмывался на 100 %, то зазор уменьшали до 0,5 и 0,15 мм. При 100%-м обезжиривании этих образцов понижали концентрацию ВМР, при этом варьировали значениями температуры и времени мойки.

Если образец не отмывался на 100 %, то увеличивали время обезжиривания, далее температуру и концентрацию ВМР.

Для достоверности полученных результатов опыты по каждому из применяемых загрязнений (рис. 7, 8) дублировались два-три раза.

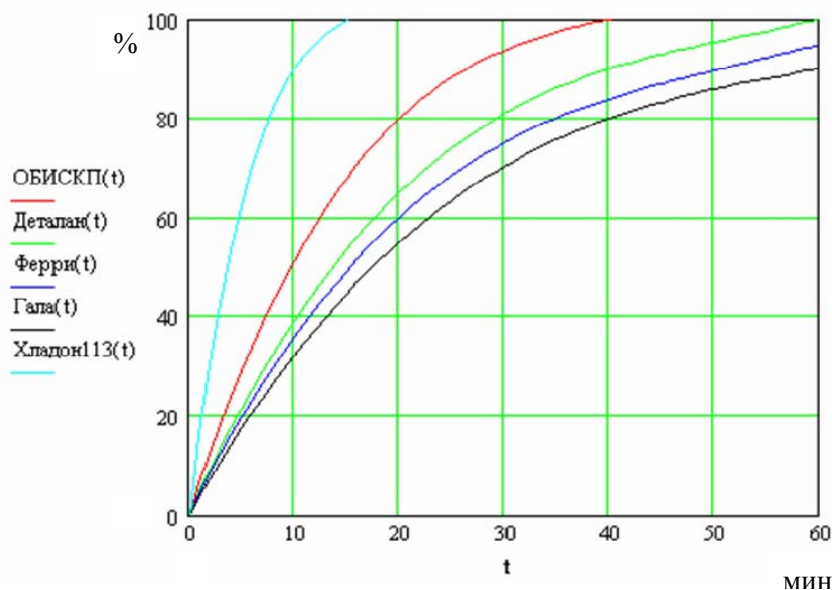


Рис. 2. Зависимость качества отмывки ВМР и хладом-113 (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 0,5 % и температуре мойки 20 °С

Анализируя полученные результаты, можно отметить такие особенности:

- для щелевых зазоров более 0,5 мм параметры процесса обезжиривания (продолжительность и качество) практически остаются неизменными;
- при уменьшении величины зазора от 0,5 до 0,15 мм продолжительность обезжиривания существенно увеличивается;

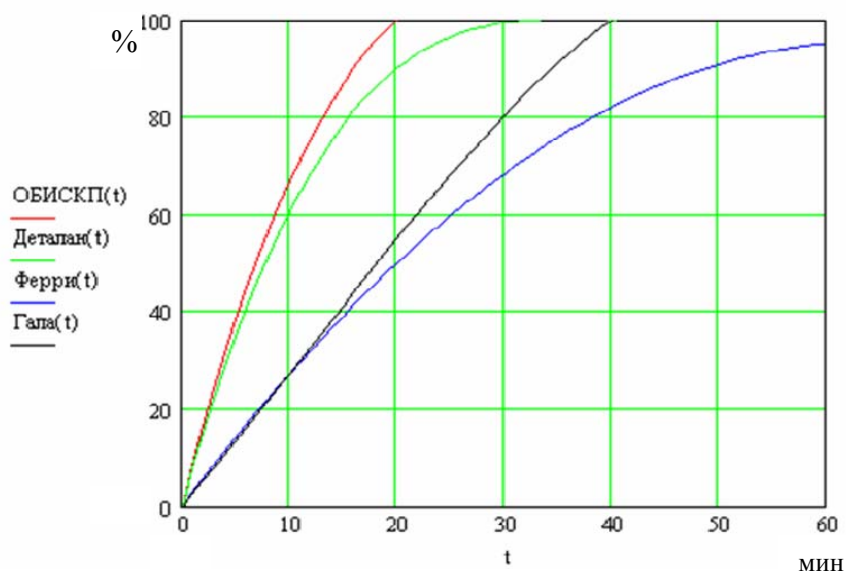


Рис. 3. Зависимость качества отмывки ВМР (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 0,5 % и температуре мойки 40 °С

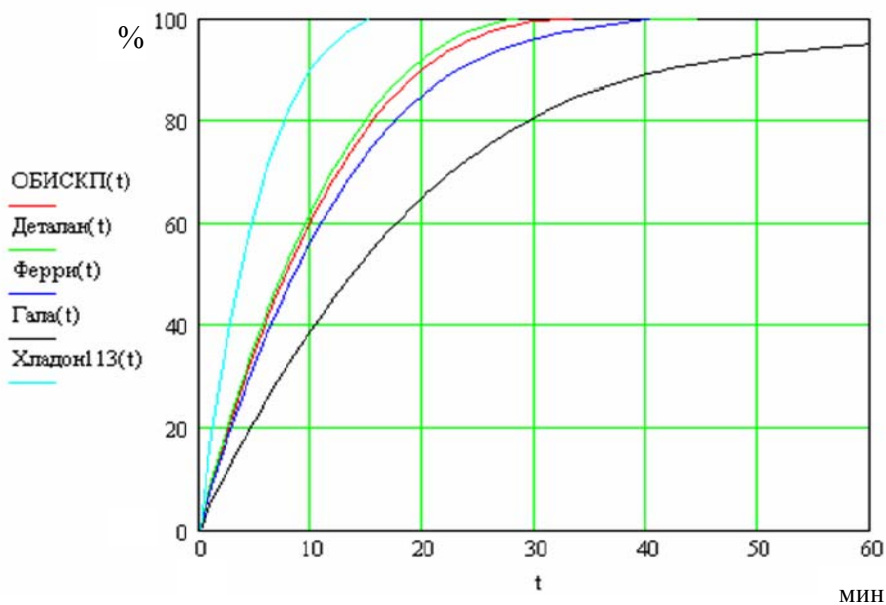


Рис. 4. Зависимость качества отмывки ВМР и хладон-113 (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 1 % и температуре мойки 20 °С

- при использовании в качестве загрязнений масла Авитол-2 ВМС О-БИС-КП обезжиривал образцы максимум на 60–70 %, даже при максимально заданных по программе параметров и условий мойки (концентрация ВМР – 8 %, температура – 60 °С, время мойки – 60 мин и зазор – 1 мм);

- обезжиривание проходит равномерно по всей поверхности зазора, а не от краев как нам представлялось ранее;

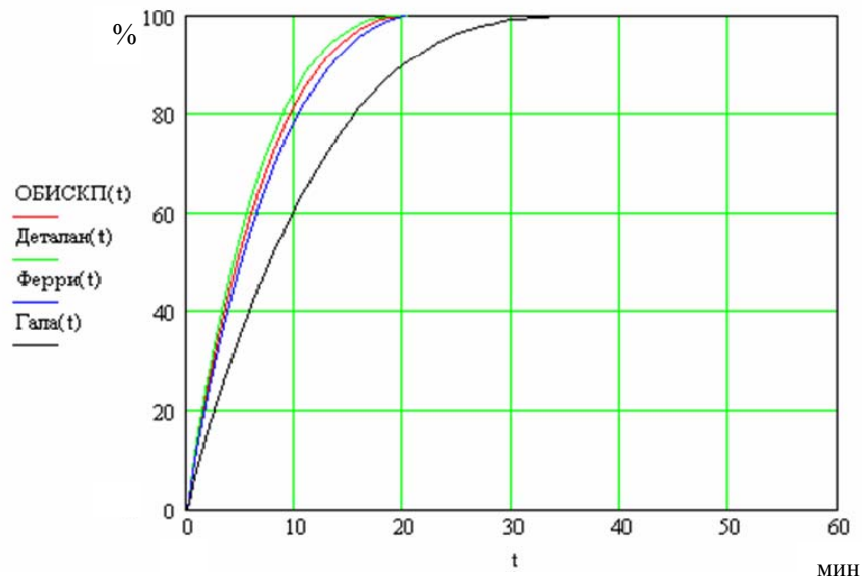


Рис. 5. Зависимость качества отмывки ВМР (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 1 % и температуре мойки 40 °С

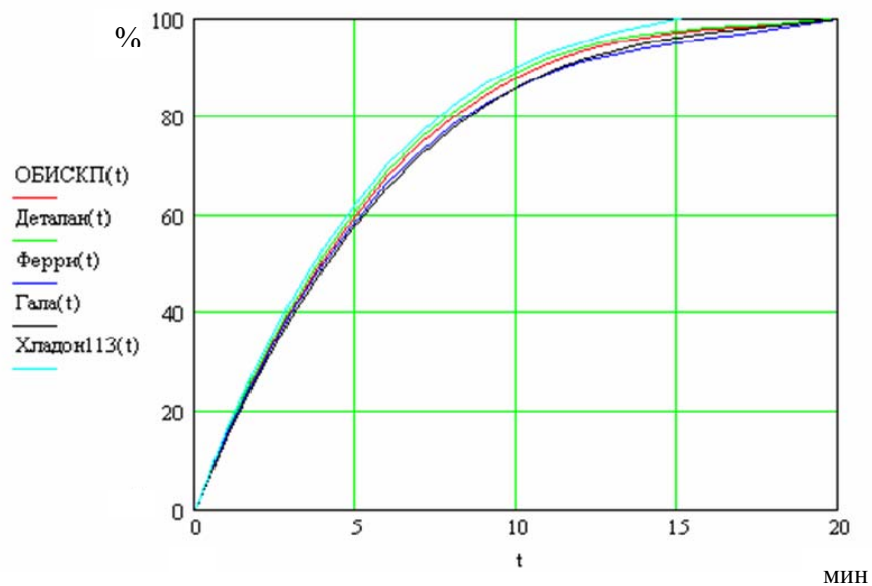


Рис. 6. Зависимость качества отмывки ВМР (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 3 % и температуре мойки 20 °С

- выбранные ВМС полностью обезжиривают образцы, загрязненные растительными и животными жирами;
- при использовании 8 % Деталана вымытые жировые загрязнения эмульгировали, а не всплыли на поверхность, как при использовании ВМР более низкой концентрации. Такая особенность процесса дает возможность при контроле концентрации жировых загрязнений использовать люминесцентный метод контроля.

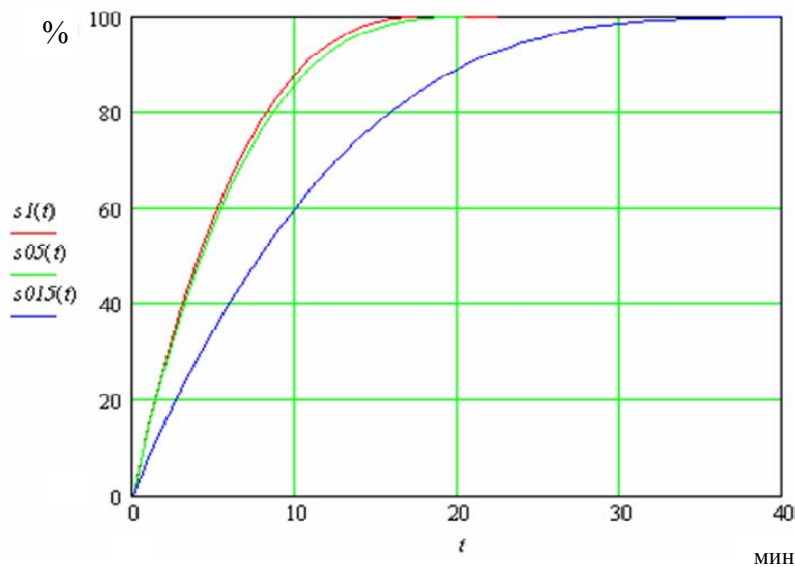


Рис. 7. Зависимость качества отмывки ВМР Деталаном (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 3 % и температуре мойки 20 °С при различных щелевых зазорах (s1 – щелевой зазор 1 мм; s05 – 0,5 мм; s015 – 0,15 мм)

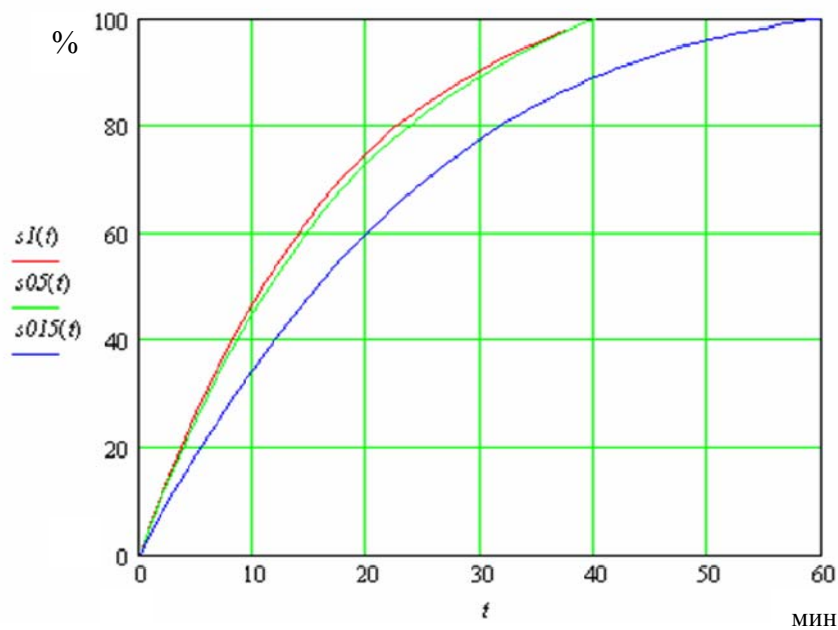


Рис. 8. Зависимость качества отмывки ВМР О-БИС-КП (в процентах) от времени обезжиривания (мин) при концентрации растворов 3 % и температуре мойки 20 °С при различных щелевых зазорах (s1 – щелевой зазор 1 мм; s05 – 0,5 мм; s015 – 0,15 мм)

Оптимальным при обезжиривании малых щелевых зазоров представляется использование средства Деталан с концентрацией ВМР 3 % при температуре 45–55 °С и



продолжительности обезжиривания 30–40 мин, после чего узел такое же время промывается водой при данной температуре.

Как показали исследования, водный моющий раствор Деталана при выбранном режиме обезжиривания не только обеспечивает гарантированное удаление жировых загрязнений, но и не уступает по своим обезжиривающим свойствам хладону-113.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**Бедрик Б. Г.** Растворители и составы для очистки машин и механизмов / Б. Г. Бедрик, П. В. Чулков, С. И. Калашников. – М.: Химия, 1989. – 175 с.

**Белянин П. Н.** Промышленная чистота машин / П. Н. Белянин, В. М. Данилов. – М.: Машиностроение, 1982. – 221 с.

**Иванов Б. И.** Очистка металлических поверхностей пожаробезопасными составами. – М.: Машиностроение, 1979.

**Сапожников В. М.** Монтаж и испытания гидравлических и пневматических систем летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1979. – 256 с.

**Тимиркеев Р. Г.** Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов / Р. Г. Тимиркеев, В. М. Сапожников. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.

*Надійшла до редколегії 26.06.08*