

В. И. Коробко, В. И. Семенов, В. П. Иванов

**ПОГРУЖНАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ
И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
И АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Научный редактор — академик
Международной Академии Информатизации,
профессор, доктор физико-математических наук
В. И. КОРОБКО**

Полоцк 1997

УДК 658.588.8:67.03

АННОТАЦИЯ

Изложены методы оценки эффективности моющего оборудования авторемонтных предприятий, разработаны практические рекомендации по его выбору. Описаны новые технологии утилизации и переработки нефтесодержащих стоков промышленных и ремонтных предприятий. Приведены основные нормативы водопотребления и водоотведения ремонтных предприятий.

Для инженерно-технических работников автотранспортных и авторемонтных предприятий, преподавателей, аспирантов и студентов технических вузов.

ISBN 985-418-016-6

© В. И. Коробко, В. И. Семенов, В. П. Иванов, 1997

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	2
Введение	5
Глава 1. Общие закономерности погружной очистки деталей в ремонтном производстве	7
1.1. Анализ способов очистки деталей в погружных моечных машинах	7
1.2. Теоретические основы моделирования процесса очистки поверхностей деталей в погружных моечных машинах	14
1.3. Оценка эффективности способов гидромеханической активации моющего раствора	22
1.3.1. Электродиффузионный метод измерения напряжения трения на поверхности детали	23
1.3.2. Возвратно-поступательные платформы с объектами очистки	25
1.3.3. Маятниковые колебания объектов очистки	25
1.3.4. Окунание деталей и вынос их на поверхность	28
1.3.5. Интенсификация моющей среды ротором-активатором	29
1.3.6. Интенсификация моющей среды лопастным винтом	32
1.3.7. Анализ экспериментальных исследований эффективности способов гидромеханической активации моющего раствора	34
Глава 2. Система погружных моечных машин	42
2.1. Анализ погружного моечного оборудования ремонтного производства	42
2.2. Рекомендации по эффективному использованию погружного моечного оборудования ремонтного производства	48
Глава 3. Технологические среды для погружной очистки изделий	50
3.1. Физико-химические основы взаимодействия очистного раствора с загрязнением и очищаемой поверхностью	50
3.2. Очистные среды на основе растворов щелочных солей и ПАВ	52

3.3. Очистные среды на основе органических растворителей	57
3.4. Контроль очистных сред.	58
Глава 4. Способы очистки и утилизации отработанных моющих жидкостей в ремонтном производстве	60
4.1. Способы очистки растворов синтетических моющих средств	60
4.2. Сжигание жидких и нефтесодержащих стоков в топках котельных агрегатов.	69
4.3. Способ переработки и обезвреживания нефтесодержащих стоков	75
4.4. Ударно-волновой способ очистки емкостей от загрязнений	82
4.5. Огневое обезвреживание и переработка осадков моющих жидкостей	85
4.6. Биохимические методы обезвреживания нефтесодержащих стоков	90
Глава 5. Нормативы водопотребления и водоотведения ремонтных предприятий	92
5.1. Нормативы водопотребления и водоотведения автремонтных предприятий	92
5.2. Нормативы водопотребления и водоотведения предприятий по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники	97
Заключение	105
Список использованной литературы	106

В В Е Д Е Н И Е

Ремонтное производство (РП) — это особый вид вторичного производства машин, имеющих в своем исходном составе элементы различного технического состояния. РП организуется в сфере потребления этих машин и выполняет периодическое воспроизведение частично утраченной работоспособности их отдельных элементов [56].

Одной из наиболее важных технологических операций при ремонте машины является очистка деталей от загрязнений.

На предприятиях по ремонту сельскохозяйственной техники моечно-очистные участки занимают до 12% производственных площадей, на долю операций мойки и очистки приходится 6 . . . 8% от общей трудоемкости капитального ремонта машин, а стоимость моечно-очистного оборудования составляет 10 . . . 15% от общей балансовой стоимости ремонтно-технологического оборудования.

Очистка изделий потребляет до 13% заводского расхода тепловой энергии (в том числе до 70% на технологические нужды). Установленная мощность очистных машин составляет 20% от установленной мощности технологического оборудования завода.

Качественная очистка рабочих поверхностей деталей и сборочных единиц существенно влияет на объективность последующей дефектации и во многом обеспечивает надежность машин в процессе послеремонтной эксплуатации.

Отрицательное влияние загрязнений на надежность, долговечность и экономичность работы машин отмечается многими исследователями. В то же время К. Т. Кошкин, Ю. Г. Семенов, Н. Ф. Тельнов, Б. Б. Нефедов [61, 62] показали, что только за счет повышения качества очистки можно повысить моторесурс отремонтированных двигателей на 25—30%. Затраты на очистку изделий могут быть существенно сокращены при условии использования эффективных очищающих средств и применения моечного оборудования, обеспечивающего уменьшение металлоемкости, снижение расхода тепла и электроэнергии, экономию очищающих средств и воды.

Погружная очистка деталей (очистка деталей погружением в моющий раствор) относится к физико-химическому способу очистки, который является эффективным для очистки от всех типов

загрязнений (дорожно-почвенных, остатков масел, смазок, асфальто-смолистых отложений) и единственным способом очистки деталей от продуктов коррозии и от лакокрасочных материалов [61].

Исследованию технологических процессов погружной очистки деталей, сборочных единиц и машин посвящены работы Н. Ф. Тельнова, С. С. Черепанова, А. П. Садовского, В. И. Савченко, В. П. Мороза, Ю. И. Афанасикова, Ю. С. Козлова, В. И. Коробко и др.

Процесс погружной очистки деталей зависит от двух взаимосвязанных факторов — физико-химических свойств моющего раствора и от эффективности его гидромеханического воздействия на поверхности детали.

В настоящей работе основные вопросы погружной очистки деталей, сборочных единиц и машин изложены комплексно с позиции сочетания результатов исследований гидродинамики процесса очистки, оценки эффективности моечного оборудования, и на их основе — практические рекомендации по выбору эффективного оборудования.

Физико-химический фактор в монографии носит описательный характер, т. к. вопросы разработки и применения моющих средств в настоящее время достаточно подробно рассмотрены в литературе, укажем лишь монографии [2, 61, 63, 64, 65] и каталоги [3, 25].

Вопросы погружной очистки тесно связаны с проблемой экологии ремонтного производства. В монографии изложены некоторые вопросы утилизации нефтесодержащих стоков и осадков, описан способ получения водомасляных эмульсий при помощи ударной волны, который имеет ряд преимуществ перед существующими способами. Созданная таким образом эмульсия применена в технологиях сжигания и переработки нефтесодержащих стоков РП.

Погружной и другие процессы очистки деталей, сборочных единиц и машин являются одним из основных потребителей воды на предприятии. В монографию включены основные нормативы водопотребления и водоотведения ремонтных предприятий.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОГРУЖНОЙ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1. Анализ способов очистки деталей и машин в погружных моечных машинах

Уменьшение энергоемкости основных технологических процессов технического обслуживания и ремонта машин — одно из основных условий снижения затрат на эксплуатацию машинно-тракторного парка.

Качественная очистка рабочих поверхностей деталей, сборочных единиц и агрегатов является начальным этапом ремонтно-обслуживающего воздействия. Она существенно влияет на качественное выполнение остальных технологических процессов технического обслуживания и ремонта машин, во многом обеспечивает надежность техники в процессе последующей эксплуатации.

В табл. 1.1. представлены основные способы, рекомендуемые для удаления загрязнений [2, 3].

Таблица 1.1.
Способы, рекомендуемые для удаления загрязнений

	Тип загрязнений					
	дорож- но-поч- венные	остатки масел, смазок	асфаль- то-смо- листые отло- жения	нагар	продук- ты кор- розии	лакокра- сочные матери- алы
Механический	—	—	—	—	—	—
Гидромеханический	++	++1	++1	—	—	—
Механизированный (косточковая крошка)	—	—	—	++	+	—
Вибраобразивный	—	—	++1	++1	++	—
Физико-химический	—	—	—	—	—	—
Струйная очистка	+	++1	+1	—	—	++2
Погружением	++1	++1	++4	—	++3	+2
Комбинированная (погружение+струя)	—	—	++1,4	—	++1,3	++2
Химико- термический	—	—	—	—	—	—
Щелочной расплав	—	—	+	++	+	—

Примечание: ++ — применение перспективно; + — применяется в настоящее время; — малозэффективен; — применение нецелесообразно; 1 — применение растворов ТМС; 2 — применение щелочных растворов; 3 — применение кислотных растворов; 4 — применение РЭС.

Из табл. видно, что способ очистки деталей погружением в моющий раствор является наиболее универсальным, т. к. этим способом можем удалить практически все виды загрязнений.

Как показывает сравнительный анализ, применение погружных моечных машин характеризуется в 5—6 раз меньшей энергоемкостью очистки по сравнению с использованием струйных моечных машин.

За последние годы разработаны и внедрены в производство новое погружное моечное оборудование, современные моющие и очищающие средства. Нередко для очистки одной и той же детали могут применяться разные машины, различные очищающие составы. Однако, при сравнении и выборе машин и средств нельзя пользоваться субъективными оценками и второстепенными показателями.

Оценка суммарной работы A , необходимой на разрушение загрязнений и их удаление с очищаемой поверхности в /4/ производится следующим образом:

$$A = A_{\phi x} + A_m \quad (1.1.)$$

где $A_{\phi x}$ — работа, совершаемая очищающей средой за счет физико-химических свойств;

A_m — работа на разрушение и удаление загрязнений, связанная с механическим воздействием очищающей среды.

Из выражения (1.1.) следует, что уменьшение энергоемкости моечных процессов состоит в применении высокоеффективных растворов синтетических моющих средств (СМС) с высоким содержанием синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ). Физико-химическая активность растворов СМС растет по мере увеличения концентрации СПАВ. В последнее время разработаны также высокоэффективные моющие композиции, как Лабомид-203, МС-17, Темп — 100 и др. [2].

Внедрение указанных средств потребовало разработки моющего оборудования погружного типа взамен широко распространенных струйных машин. Работа последних машин сопряжена с обильным пенобразованием, которое наряду с другими причинами препятствует эффективному протеканию процесса струйной очистки растворами СМС с высоким содержанием СПАВ. Такие причины следующие: высокая кратность перекачивания моющего раствора (до 20 ч⁻¹) приводит к образованию стабильных эмульсий частиц загрязнения в растворе, в результате чего растворы быстро загрязняются; при этом большая часть молекул ПАВ адсорбируется на уже отмытых частицах загрязнения и в процессе дальнейшей очистки не участвует. Такие эмульсии практически не поддаются расслоению и другим видам регенерации, а их слив в канализацию наносит огромный ущерб природе. Максимальная физико-химическая активность раствора СМС начинает проявляться не с началом контакта раствора с загрязнением, а через определенный промежуток времени (0,1–0,2 ч), необходимый для адсорбции молекул ПАВ на частицах загрязнений. Следовательно, энергия, затраченная на механическое воздействие в начальный период, расходуется неэффективно, т. к. не все очищаемые поверхности находятся в непосредственном контакте с раствором. Большие потери тепла и воды при распыливании раствора через сопла объясняются тем, что общая поверхность образующихся капель составляет 10–15 тыс. м² на каждый литр раствора [2]. Невозможность поддержания оптимального температурного режима в рабочей зоне (60–70°C вместо 75–85°C). Качественной очистке подвергаются только поверхности, лежащие в зоне непосредственного контакта струи с загрязнением, а очищаемые детали имеют, как правило, сложную форму.

Кроме перечисленных недостатков, моющее оборудование струйного типа имеет низкую надежность, вызванную частым засорением сопел (до 60% за неделю работы), малыми долговечностью и безотказностью насосных станций (ресурс до капитального ремонта 500–600 часов, наработка на отказ 18–20 часов). Ускоренное изнашивание сопел гидрантов приводит к изменению требуемых гидравлических параметров и связанного с ними уровня механической активации раствора, увеличивая энергозатраты при снижении качества очистки. Наконец, струйные машины имеют высокую материалоемкость и занимают производственные площади.

Изложенные выше обстоятельства привели к разработке погружного моечного оборудования, устранившего упомянутые недостатки. За короткий срок было создано много типов погружных моечных машин с самыми разнообразными способами гидромеханической активации моющего раствора.

Основными из них являются: [5]:

- способ интенсификации погружной очистки колебаниями платформы с объектами очистки, который состоит в создании возвратно-поступательного движения потока очищающей жидкости вблизи очищающей поверхности. Как правило, колебания платформы совершаются в вертикальной плоскости с режимами, обеспечивающими переменные потоки раствора со средней скоростью 0,15—0,7 м/с. Время очистки в машинах этого типа (ОМ—5287, ОМ—12190, ОМ—22608, ОМ—5299) составляет 0,5÷0,8 ч при применении СМС. Отметим, что в моечных машинах с колеблющимися грузовыми платформами энергия расходуется на преодоление не только сил сопротивления перемещению в моющем растворе, но и на силы тяжести, невысокой надежностью отмечается привод;
- интенсификация процесса очистки окунанием деталей с выносом их на поверхность осуществляется в роторных моечных машинах ОМ-12376, ОМ-15429, ОМ-15433, 029.4948, 029.494 (29 КТЦ /54/) в которых достигаются скорости движения моющего раствора порядка 0,7—1,5 м/с. Эти машины менее энергоемки по сравнению с моечными машинами с колеблющимися платформами, т. к. контейнеры с деталями уравновешены относительно оси вращения, в силу чего энергия расходуется лишь на преодоление сопротивления перемещению контейнера в моющем растворе и сопротивления в опорах. Интенсификация очистки этим способом заключается в том, что при погружении и перемещении деталей в растворе происходит заполнение внутренних полостей и активная смена очищающей среды у поверхностей, а при извлечении раствор уносит с собой частицы загрязнений. Отметим также, что при вынесении деталей из моющего раствора, на их поверхностях формируются пленочные течения, которые характеризуются большими значениями касательных напряжений трения. Машины этого типа надежны, обеспечивают хорошее качество очистки и пользуются заслуженным признанием у производственников. В этих машинах применяют такие способы активации очистного раствора:

- активация моющего раствора винтами реализована в моечных машинах ОМ-281.01 (конструкции В. Д. Чистякова), ОМ-14251 — ГОСНИТИ (эта конструкция включает элементы роторной машины), ОМ-5333М. Очистка деталей в моечных машинах производится турбулентными затопленными струями моющего раствора, создаваемого внутри ванны лопастными (гребными) винтами, установленными в боковых стенках моечной машины. Обеспечивая высокий уровень гидравлического воздействия на очищаемые поверхности, эти машины энергоемки и ненадежны, требуют дополнительных затрат на частое техническое обслуживание уплотнений вращающихся валов;
- активация моющего раствора ротором-активатором, погруженным в очищающую среду и возбуждающим высокоскоростные вращающиеся потоки жидкости, эффективно воздействующие на очищаемые поверхности [6]. Возникающие при этом турбулентные завихрения способствуют удалению загрязнений из полостей, карманов и отверстий в очищаемых деталях. Ротор-активатор представляет собой вращающийся диск с радиально расположенным на нем лопатками. Благодаря вертикальному расположению приводного вала, исключены всевозможные уплотнения, повышена надежность, упрощением привода снижена металлоемкость машин;
- барботаж раствора воздухом или паром используется при расконсервации деталей, но не пригоден для применения СМС, т. к. приводит к реакции углекислоты сжатого воздуха со щелочью, а также повышенному выносу на поверхность раствора синтетических поверхностно-активных веществ.

Помимо перечисленных основных способов активации моющего раствора, возможно множество вариантов организации движения деталей в моющем растворе, или движения моющего раствора относительно очищаемых поверхностей, а также сочетание перечисленных способов в конструкции одной машины.

Как правило, при разработке погружного моечного оборудования способ интенсификации очистки определяется особенностями очищаемых объектов, в частности, размерами, массой и конфигурацией. При выборе основных параметров моечных машин практически отсутствует их научное обоснование, что приводит к созданию металлоемких, в значительной мере нерациональных конструкций.

Н. Ф. Тельнов и В. М. Юдин [26] предложили комплексный критерий оценки эффективности моечного оборудования, который основан на расчете и сравнении минимума приведенных затрат при различных способах очистки. Первый этап оценки моечной машины предусматривает возможность ее применения для очистки предлагаемых объектов (деталей, агрегатов, машин). Учитываются их габаритные размеры, материалы, из которых они изготовлены, требования к качеству очистки при условии применения нескольких типов машин. По мнению авторов [26], отбор типа моечной машины следует проводить по минимуму приведенных затрат, учитывая при этом производительность очистки, срок службы очищающей среды, стоимость на ее очистку, захоронение осадков, затраты на обслуживание и ремонт моечного оборудования, срок его службы, норму амортизационных отчислений, площадь, занимаемая оборудованием и др. Приемлемым считается вариант с более низким значением приведенных затрат.

А. П. Садовский и Н. А. Лобойко [27] предложили обобщенный критерий в бальной системе для оценки эффективности моечных машин. Метод позволяет дать количественную оценку технического уровня моечной машины. Тем не менее, появились машины с различными способами активации моющего раствора, предназначенные для очистки однотипных деталей, причем, при сравнительной оценке этих машин в основном преобладают субъективные мнения и второстепенные показатели. Это объясняется тем, что сравнивая энергоемкость или металлоемкость машин одного назначения, еще нельзя уверенно сказать, какая из них предпочтительнее. Причина состоит в том, что до сих пор не дана объективная оценка каждому способу интенсификации погружной очистки — уровню гидромеханического воздействия моющего раствора на очищаемую поверхность. Кроме того, энерго- и металлоемкость каждой конкретной конструкции не отражает возможностей использованного способа интенсификации, поскольку, как отмечалось выше, основные их параметры в основном не были научно обоснованы.

В настоящее время в качестве одного из основных показателей такой объективной оценки используется скорость потоков моющего раствора, создаваемая вблизи очищаемой поверхности. Однако, гидромеханическое воздействие моющего раствора на очищаемую

поверхность определяется не только величиной скорости, но также ускорением потока или детали, пульсациями гидродинамического давления на очищаемой поверхности, что в итоге вызывает изменение касательного напряжения трения. Например, случай влияния ускорения подтверждают результаты [7], полученные при исследовании процесса очистки деталей в погружных моечных машинах с колеблющейся платформой.

Из гидромеханики известно [8], что величина касательного напряжения характеризует силы поверхностного трения, возникающие при воздействии потока жидкости на поверхность. Чем больше величина касательного напряжения трения на поверхности очищаемой детали, тем лучше условия для отрыва загрязнения, что связано, в первую очередь, с уменьшением времени очистки.

Таким образом, более объективной оценкой уровня и активации моющего раствора, определяющей интенсивность массообмена в системе загрязнения — очищающая среда, является величина касательных напряжений трения τ_w в пограничном слое на отмываемой поверхности [81], которая согласно закону Ньютона пропорциональна градиенту скорости потока:

$$\tau_w = \mu \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_w , \quad (1.2)$$

где μ — коэффициент динамической вязкости в Па·с;

V — скорость потока в м/с;

y — расстояние по нормали в м.

Градиент скорости, в свою очередь, зависит от характера турбулентности потока, причем, увеличение степени турбулентности способствует уменьшению толщины пограничного слоя и увеличению градиента скорости и, тем самым, увеличению интенсивности очистки. При сравнении же способов, обеспечивающих одинаковые касательные напряжения, предпочтительнее будет способ, требующий для этого меньших энергозатрат.

Возвращаясь к анализу выражения (1.1), отметим, что вторым путем уменьшения энергоемкости моечных процессов является выбор такого способа механической интенсификации очистки, который бы обеспечивал на очищаемой поверхности требуемый уровень касательных напряжений при минимальных затратах энергии.

1.2. Теоретические основы моделирования процесса очистки поверхностей деталей в погружных моечных машинах

Очистка поверхностей деталей от загрязнений представляет собой совокупность сложных физико-химических и механических процессов, эффективность которых зависит от свойств моющей среды, вида загрязнений, технологических режимов очистки, геометрии очищаемых деталей и т. д. Вид и степень оставшегося после очистки загрязнения зависит в основном от способа очистки и типа моющей среды [55]... Степень очистки деталей в конечном итоге влияет на надежность машин и агрегатов в целом. Так, например, некачественная очистка деталей при сборке дизелей снижает их послеремонтный ресурс на 20...30% [56].

Схема потока жидкости вдоль поверхности детали

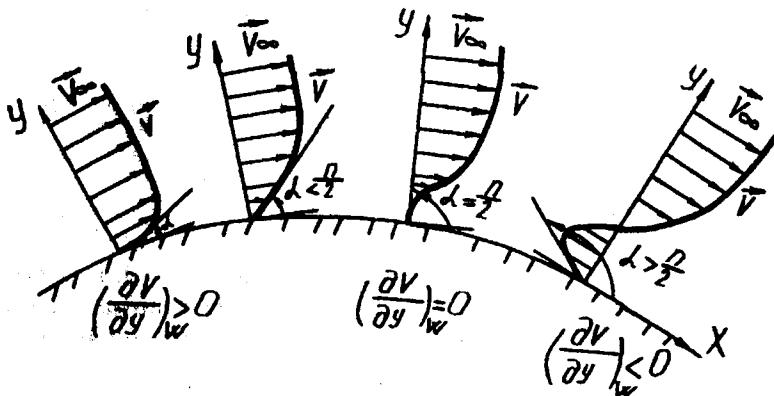


Рис. 1.1

Продолжительность процесса очистки деталей и сборочных единиц достигает 10...15% от общих затрат времени на их ремонт и сборку [55]. Поэтому выбор моющей среды, способа и гидродинамических параметров очистки являются важным фактором в технологии ремонта.

В [55] на основе уравнений Навье-Стокса, описывающих движение жидкости с примесью твердых частиц загрязнения, методом размерностей и теории подобия [10] исследован механический фактор отрыва загрязнений от поверхности, по которой движется моющая жидкость.

Многие исследователи процесс отрыва частицы загрязнения от поверхности, а также качество очистки поверхности связывают со скоростью потока, его плотностью и плотностью частицы (М. А. Великанов, В. Н. Гончаров, И. И. Леви, В. А. Шуляк, В. С. Кнороза, А. С. Клячко и др. см [55]). Однако, из гидромеханики известно, что определяющим в процессе отрыва частицы от поверхности (и даже отрыва пограничного слоя жидкости от поверхности) является градиент скорости по нормали к поверхности, на величину которого влияют совместно два фактора: подтормаживание жидкости твердой стенкой и действие перепада давления [57], величины которых обусловлены геометрией обтекаемого тела (детали) и начальными условиями формирования пограничного слоя. Градиент скорости потока связан с касательным напряжением трения на поверхности, согласно закону Ньютона, по формуле (1.2). На рис. 1.1 представлены эпюры скоростей потока при обтекании им некоторой поверхности со скоростью \tilde{V}_∞ и различными градиентами скорости. Величина градиента скорости на стене $(\frac{\partial V}{\partial y})_w = \operatorname{tg} \alpha$ зависит, как было указано, от перепада давления $\frac{dp}{dx}$, величина которого зависит в свою очередь от условий начального формирования потока (способа гидромеханической активации моющего раствора). Условие $(\frac{\partial V}{\partial y})_w = 0 \left(\alpha = \frac{\pi}{2} \right)$ соответствует точке отрыва пограничного слоя от поверхности. За этой точкой в непосредственной близости к поверхности появляются обратные токи ($V < 0$), которые оттесняют набегающий поток в пограничном слое от поверхности детали. Оторвавшийся пограничный слой перемещивается с жидкостью, расположенной вниз по потоку за кормой тела и образует "след" за телом.

Естественно, чем больше величина касательного напряжения трения на поверхности с загрязнением ($\tau_w > 0$), тем больше механическое сдвиговое усилие потока на поверхности загрязнения и, следовательно, эффективней гидромеханический фактор активации моющего раствора.

В работе [13] представлены результаты экспериментальных исследований влияния различных способов формирования турбулентного течения на касательные напряжения трения на плоскости. Результаты исследований [13] легли в основу оценки эффективности способа гидромеханической активации моющего раствора в погружных моечных машинах [11] и рекомендаций ГОСНИТИ по повышению эффективности погружной очистки деталей, сборочных единиц и агрегатов при ремонте [1].

Ниже, на основании уравнений движения жидкости Навье-Стокса, законов сохранения массы, энергии и диффузии методом фракционного анализа [58], получена зависимость качества и времени очистки поверхности от загрязнений с учетом гидромеханического (τ_w), мощностного и диффузионного факторов.

Запишем основные уравнения, определяющие движение вязкой несжимаемой жидкости в декартовой системе координат (8.9).

1. Закон сохранения массы (уравнение неразрывности)

$$\operatorname{div} \vec{V} = 0$$

2. Изменение количества движения

$$\rho \frac{d\vec{V}}{dt} = \rho \left\{ \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V}\nabla)\vec{V} \right\} = \rho \bar{F} - \nabla \bar{P} + \frac{d\vec{\tau}_x}{dx} + \frac{d\vec{\tau}_y}{dy} + \frac{d\vec{\tau}_z}{dz}$$

\bar{P} — давление; \bar{F} — массовая сила, отнесенная к единице массы; $\vec{\tau}_x, \vec{\tau}_y, \vec{\tau}_z$ — напряжения трения, действующие соответственно на площади, перпендикулярные осям x, y, z .

3. Закон сохранения энергии

$$\rho \frac{dH}{dt} = \rho \left\{ \frac{dH}{dt} + (H\nabla) \vec{V} \right\} = \frac{dP}{dt} + \rho \vec{F} \vec{V} + \operatorname{div} \vec{q} + \\ + \frac{d\tau_x \vec{V}}{dx} + \frac{d\tau_y \vec{V}}{dy} + \frac{d\tau_z \vec{V}}{dz}$$

$$H — \text{теплосодержание единицы массы } H = U + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} = h + \frac{V^2}{2};$$

h — теплосодержание (энталпия) единицы массы;

U — внутренняя энергия единицы массы жидкости;

q — количество тепла, проходящее в единицу времени внутрь объема через единицу поверхности.

4. Уравнение диффузии вещества

$$\frac{dC}{dt} + \vec{V} \operatorname{grad} C = D \nabla^2 C, \quad \nabla^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$$

C — концентрация примеси вещества,

D — коэффициент диффузии примеси.

Рассмотрим случай плоского течения вязкой несжимаемой жидкости ($Z=0$) при отсутствии массовых сил. Проведем нормализацию уравнений в результате введения следующих безмерных переменных: линейные размеры отнесем к некоторой длине L ; время — к характерному времени t_1 , все компоненты скорости — к характерной скорости U ; напряжение и составляющие вектора теплового потока отнесем к их значениям в некоторой точке τ_0 и q_0 в заданном направлении.

В результате имеем:

$$\bar{X} = \frac{X}{L}, \quad \bar{Y} = \frac{Y}{L}, \quad \bar{t} = \frac{t}{t_1}, \quad \bar{V}_x = \frac{V_x}{U}, \quad \bar{V}_y = \frac{V_y}{U}, \quad \bar{P} = \frac{P}{P_0}, \quad \bar{h} = \frac{h}{h_0}, \\ \bar{\tau}_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{\tau_0}, \quad \bar{q}_x = \frac{q_x}{q_0}, \quad \bar{H} = \frac{H}{H_0} = \frac{h_0}{H_0} \bar{h} + \frac{U^2}{2H_0} \bar{V}^2, \quad \bar{C} = \frac{C}{C_0}.$$

Запишем проекцию на ось X уравнения количества движения, энергии и диффузии в безразмерном (нормализованном) виде:

$$\rho \left\{ \frac{U}{t_1} \frac{d\bar{V}_x}{dt} + \frac{U^2}{L} \left(\bar{V}_x \frac{d\bar{V}_x}{d\bar{x}} + \bar{V}_y \frac{d\bar{V}_x}{d\bar{y}} \right) \right\} = - \frac{P_0}{\rho} \frac{d\bar{P}}{d\bar{x}} + \frac{\tau_0}{L} \frac{d\bar{\tau}_x}{d\bar{x}},$$

$$\rho \left\{ \frac{H_0}{t_1} \frac{d\bar{H}}{dt} + \frac{H_0 U}{L} \left(\bar{V}_x \frac{d\bar{H}}{d\bar{x}} + \bar{V}_y \frac{d\bar{H}}{d\bar{y}} \right) \right\} = \frac{q_0}{L} \frac{d\bar{q}_x}{d\bar{x}} + \frac{\tau_0 U}{L} \frac{d\bar{\tau}_x \bar{V}_x}{d\bar{x}},$$

$$\frac{C_0}{t_1} \frac{d\bar{C}}{dt} + \frac{C_0 U}{L} \left(\bar{V}_x \frac{d\bar{C}}{d\bar{x}} + \bar{V}_y \frac{d\bar{C}}{d\bar{y}} \right) = D \frac{C_0}{L} \frac{d^2 \bar{C}}{d\bar{y}^2}.$$

Умножим, соответственно, первое уравнение на $\frac{L}{\rho U^2}$, второе —

на $\frac{L}{\rho H_0 U}$ и третье — на $\frac{L}{C_0 U}$. В результате получаем:

$$\frac{L}{t_1 U} \frac{d\bar{V}_x}{dt} + \bar{V}_x \frac{d\bar{V}_x}{d\bar{x}} + V_y \frac{d\bar{V}_x}{d\bar{y}} = - \frac{P_0}{\rho U^2} \frac{d\bar{P}}{d\bar{x}} + \frac{\tau_0}{\rho U^2} \frac{d\bar{\tau}_x}{d\bar{x}},$$

$$\frac{L}{t_1 U} \frac{d\bar{H}}{dt} + \bar{V}_x \frac{d\bar{H}}{d\bar{x}} + \bar{V}_y \frac{d\bar{H}}{d\bar{y}} = \frac{q_0}{\rho H_0 U} \frac{d\bar{q}_x}{d\bar{x}} + \frac{\tau_0}{\rho H_0} \frac{d\bar{\tau}_x \bar{V}_x}{d\bar{x}},$$

$$\frac{L}{t_1 U} \frac{d\bar{C}}{dt} + \bar{V}_x \frac{d\bar{C}}{d\bar{x}} + \bar{V}_y \frac{d\bar{C}}{d\bar{y}} = \frac{D}{UL} \frac{d^2 \bar{C}}{d\bar{y}^2}.$$

Критериями подобия этих уравнений в сопряженных точках для двух потоков являются:

$$\frac{L}{t_1 U}, \frac{P_0}{\rho U^2}, \frac{\tau_0}{\rho U^2}, \frac{q_0}{\rho H_0 U}, \frac{h_0}{H_0}, \frac{U^2}{H_0}, \frac{\tau_0}{\rho H_0}, \frac{D}{UL}.$$

На основе полученных результатов рассмотрим задачу моделирования процесса очистки поверхности плоской детали от загрязнения твердыми частицами потоком моющей жидкости. Жидкость со взвешенными в ней частицами загрязнения отнесем к

классу суспензий, поскольку в рассматриваемом случае отношение дисперстной фазы (загрязнений) к объему дисперстной среды значительно меньше единицы. Рассмотрим процесс очистки вблизи очищаемой поверхности и на самой поверхности.

1. Величина $\frac{L}{t_1 U} = Sh$ является числом Струхала, которое можно

рассматривать как безразмерную частоту. В качестве характерного времени t_1 , примем время очистки поверхности детали от загрязнения $t_1 = t_{\text{м}}$.

2. Величина $S_0 U^2 / \tau_0$ характеризует собой отношение сил инерции к силам вязкого трения жидкости. В вязкой жидкости можно положить $\tau_0 = \mu U / L / 8 /$ и тогда $\rho U^2 / \tau_0 = \rho U^2 L / \mu U = Re$.

Полученная величина является числом Рейнольдса.

3. Величина $P_0 / \rho u^2 = Eu$ является числом Эйлера и характеризует

отношение силы давления к силе инерции. Вблизи очищаемой поверхности силы инерции жидкости малы, то можно положить согласно /8/ $P_0 \sim \tau_0$ и число Эйлера превращается в отношение

$$\tau_0 / \rho U^2 = 1 / Re$$

Причем, на поверхности детали существенную роль играет касательное напряжение трения τ_w и можно положить $\tau_0 = \tau_w$.

В гидромеханике вместо величины τ_w обычно применяют ко-

эффициент поверхностного трения $C_f = 2\tau_w / \rho U^2$. Причем, ус-

тановлено /28/, что в случае развития пограничного слоя на плоской пластине $C_f \sim 1 / \sqrt{Re}$. Таким образом, с учетом проведенных оценок имеем

$$Eu = - \frac{P_0}{\rho U^2} \sim \frac{1}{Re} = \frac{1}{\sqrt{Re}} \cdot \frac{1}{\sqrt{Re}} = \frac{C_f}{\sqrt{Re}}.$$

4. Величина $\frac{\rho U H_0}{q_0}$ характеризует собой отношение конвективного потока тепла (количества тепла, переносимого жидкостью) к потоку тепла, обусловленного теплопроводностью. В случае теплопроводной жидкости $q_0 = \lambda_0 T / L_0$ /9/ (λ_0 — коэффициент теплопроводности) и $\frac{\rho U h_0}{q_0} = \frac{\rho U h_0 L}{\lambda_0 T_0}$. Если $h_0 = C_p T$ (C_p — теплоемкость жидкости при постоянном давлении), то $\frac{\rho U h_0 L}{\lambda_0 T_0} = \frac{C_p \rho U L}{\lambda_0} = Pe$ — число Пекле. В гидромеханике вместо числа Pe пользуются его отношением к числу Re /8/: $Pr = \frac{Pe}{Re} = \frac{v/a}{a}$ — число Прандтля.

5. Величина U^2/h_0 характеризует теплоту за счет сил трения в потоке, которая, как известно из гидромеханики /9/, имеет место при больших скоростях потока. В рассматриваемом случае вблизи поверхности величина скорости потока незначительна и эффектом вязкой диссипации механической энергии можно пренебречь; следовательно, можно положить $\frac{U^2}{h_0} = 0$. Заметим также, что в этом случае $H_0 = h_0$ и величина $\frac{h_0}{H_0} = 1$.

6. Величина $\frac{\tau_w U}{\rho H_0 U}$ характеризует собой отношение теплового потока, обусловленного работой сил трения к конвективному тепловому потоку. Эти величины на поверхности детали можно представить как мощность, обусловленную работой сил касательных напряжений трения $N = \tau_w U$, и мощность потока,

затраченная на формирование касательных напряжений,

$N^* = \tau_w U^*$. Здесь $U^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}$ — динамическая скорость (скорость трения), являющаяся мерой интенсивности создаваемого турбулентного пульсационного движения, а также мерой интенсивности переноса импульсов, возникающих за счет пульсации движения.

Таким образом,

$$\frac{\tau_0}{\rho H_0} = \frac{\tau_0 U}{\rho H_0 U} \sim \frac{\tau_w U}{\tau_w U^*} = \frac{N}{N^*} = N_{уд},$$

$N_{уд}$ — коэффициент удельной мощности.

7. Величина $\frac{UL}{Pep}$ — диффузионное число Re . Можно воспользоваться диффузионным числом Прандтля (которое также называют числом Шмидта Sc) /8/

$$Pr p = \frac{Peg}{Re} = \frac{v}{D}$$

8. Концентрация примеси С вблизи очищаемой поверхности характеризует количество загрязнений в жидкости, оторвавшихся с поверхности в результате процесса очистки и определяет качество процесса очистки детали, т. е. $C \sim K, \%$.

Таким образом, на основе анализа основных уравнений, определяющих течение очищающей жидкости вблизи поверхности плоской детали, получаем, что концентрация примеси зависит от следующих критерииов подобия

$$C = \{Sh, Re, C_f, Pr, N_{уд}, Prp\}$$

При рассмотрении качества очистки поверхности детали количество критериев подобия можно уменьшить в результате введения следующих отношений:

a) $K^0 = \frac{C_f}{N_{уд}}$ — коэффициент, характеризующий отношение интенсивности касательного напряжения трения на поверхности

воздействующего на загрязнение и удельной мощности, затраченной на создание этого напряжения. Этот коэффициент по своей сути фактически является аналогом к. п. д. рассматриваемого способа гидромеханической активации моющего раствора.

б) $\bar{P}_r = \frac{Pr p}{Pr} = \frac{a}{D}$ — коэффициент, характеризующий физические свойства очищающей среды, равный отношению коэффициента диффузии, выражающего интенсивность диффузии примеси твердых частиц в потоке жидкости.

Следовательно, качество очистки поверхности детали моющим раствором зависит от следующих критерiev подобия

$$K = \Phi \{ Sh, Re, K^0, \bar{Pr} \}$$

Установим связь между качеством очистки K и числами Sh и Re . Для этого запишем в размерном виде параметры, входящие в числа Sh и Re

$$f(K, U, v, t_{0\psi}) = 0$$

На основании метода размерностей | 10 |, получаем

$$K = C_f K^0 \bar{Pr} \frac{\sqrt{Re}}{Sh} \quad (1.3)$$

Здесь C_f — эмпирический коэффициент, зависящий от физико-химических свойств моющего раствора.

1.3. Оценка эффективности способов гидромеханической активации моющего раствора

В качестве оценочного критерия эффективности способов гидромеханической активации моющего раствора принимаем величину $K^0 = \frac{C_f}{N_{уд}}$ | 11 |. Коэффициент поверхностного трения C_f определяется по формуле | 8 |.

$$C_f = \frac{2\tau_w}{\rho U^2} \quad (1.4)$$

Здесь τ_w — касательное напряжение трения на поверхности детали Н/м^2 ; U — скорость потока, м/с. Коэффициент удельной мощности

$$N_{уд} = \frac{N}{\tau_w U^*}, \quad (1.5)$$

где N мощность, обусловленная работой сил трения, $\tau_w U^*$ — мощность потока, затраченная на формирование касательных напряжений трения τ_w ; $U^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}$ — скорость трения.

Таким образом, основу оценочного критерия K^0 составляет касательное напряжение трения на стенке τ_w .

В работе [11] при анализе погружного моющего оборудования [5] установлено, что основными способами гидромеханической активации моющего раствора являются: возвратно-поступательные движения, маятниковые колебания, окунание детали с выносом на поверхность, интенсификация моющей среды ротором-активатором и лопастным винтом. Проведем оценку эффективности указанных способов гидромеханической активации на основании оценочного критерия K^0 . Ниже представлены результаты такого анализа на основе экспериментальных исследований распределения касательных напряжений на поверхности плоской детали [11].

Заметим, что при проведении экспериментальных исследований этих способов гидромеханической интенсификации моющего раствора выполнены все условия подобия и моделирования.

1.3.1. Электродиффузионный способ измерения напряжения трения на поверхности детали

Среди существующих методов измерения касательных напряжений (12—15) особое место занимает электродиффузионный метод, который благодаря своей универсальности и точности в настоящее время получил широкое распространение [16—17].

Д. П. Гегерс в своей кандидатской диссертации [18] впервые применил этот метод для измерения касательных напряжений тре-

ния на поверхности детали в погружной моечной машине с активацией моющего раствора лопастными винтами.

Зависимость касательных напряжений трения (τ_w)

и потребляемой мощности (N) от скорости потока

(выражена числом Рейнольдса)

при возвратно-поступательном движении

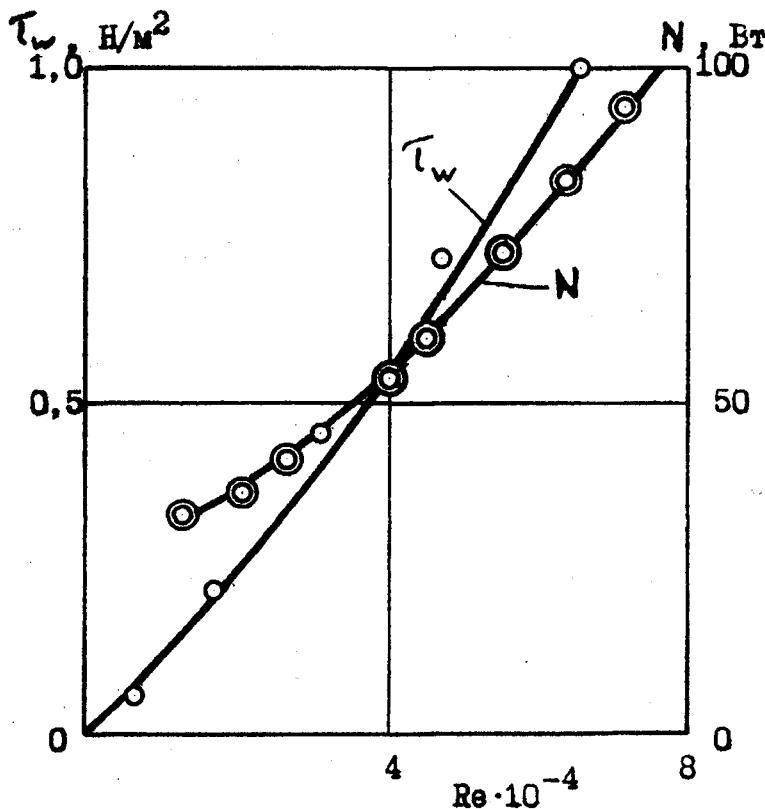


Рис. 1.2.

Электродиффузионный метод основан на измерении скорости электрохимической реакции, происходящей на поверхности датчика-электрода, и заключается в измерении плотности тока протекающей окислительно-восстановительной реакции.

Методика измерения касательных напряжений на поверхности детали и аппаратура достаточно подробно описаны в работах [19]. Отметим, что измерительная аппаратура разработана ГОСНИТИ совместно с ИТМО АНБ специально для проведения такого рода измерений (измеритель ИЭ-1).

1.3.2. Возвратно-поступательные движения платформы с объектами очистки

Этот способ гидромеханической интенсификации погружной очистки предполагает колебания платформы, которые совершаются с вертикальной плоскости с режимами, обеспечивающими значительные потоки раствора со средней скоростью 0,15 . . . 0,70 м/с. Время очистки в машинах такого типа (ОМ-5287, ОМ-12190, ОМ-22608, ОМ-5299) при применении СМС составляет 0,5 . . . 0,84 часа [11].

На рис. 1.2 представлены результаты экспериментальных исследований изменения касательных напряжений трения на поверхности плоской детали τ_w и потребляемой мощности N в зависимости от числа Re . Заметим, что увеличение скорости потока от $Re=2 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^4$ связано с увеличением потребляемой мощности в 2,5 раза, а касательные напряжения трения при этом увеличиваются в 4,3 раза.

1.3.3. Маятниковые колебания объектов очистки

Примером моечной машины маятникового типа является моющая машина с качающейся диффузорной платформой конструкции ВСХИЗО (автор В. П. Мороз), которая применяется для очистки изделий сложной конфигурации, в том числе коробок передач трактора Т-150 К [20].

Зависимость касательных напряжений трения (τ_w)
и мощности (N) от скорости потока
(выражена числом Рейнольдса) при маятниковых колебаниях

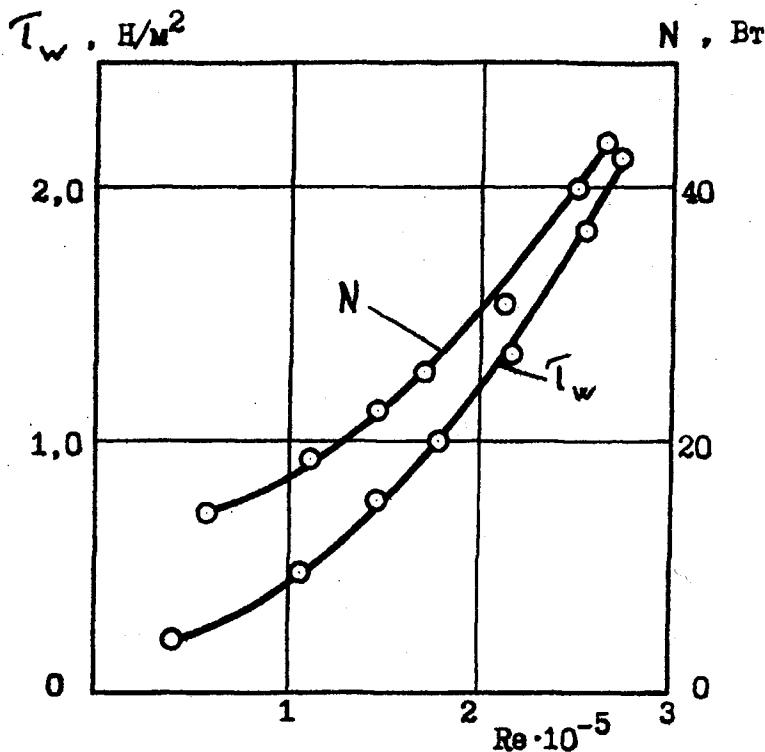
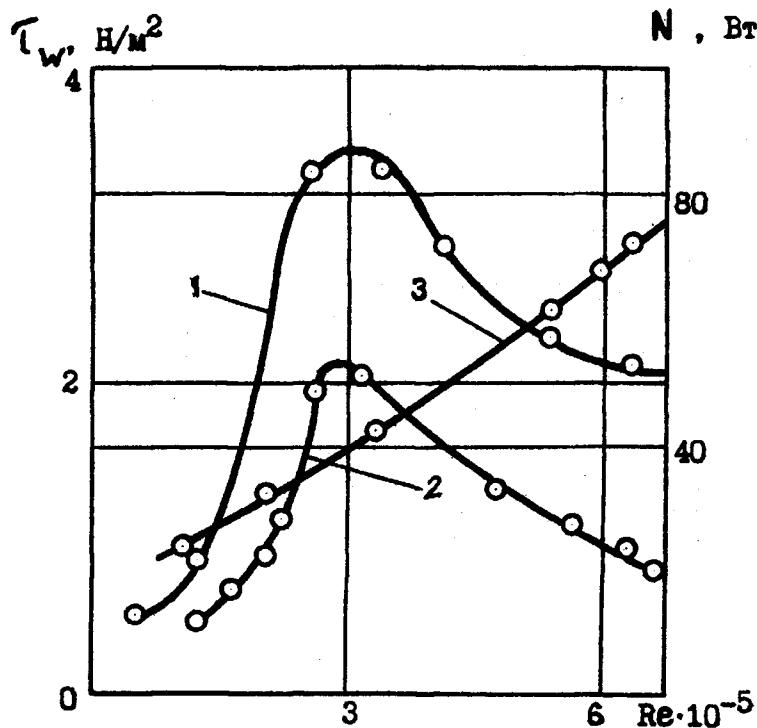


Рис. 1.3

Зависимость касательного напряжения трения (τ_w) и мощности (N)
от скорости потока (выражена числом Рейнольдса)
при очистке деталей окунанием с выносом их на поверхность:



- 1 — нахождение детали над поверхностью,
- 2 — нахождение детали в процессе окунания
- 3 — кривая N

Рис. 1.4

Характерные зависимости $\tau_w = f_1(Re)$ и $N = f_2(Re)$ на поверхности плоской детали этого способа интенсификации очистки представлены на рис. 1.3. Маятниковыми колебаниями очищаемых деталей можно создать касательные напряжения трения значительно большие по величине и при меньших затратах мощности по сравнению с предыдущим случаем.

1.3.4. Окунание деталей и вынос их на поверхность

Этот способ интенсификации процесса очистки осуществляется в роторных машинах ОМ-12376, ОМ-15429, ОМ-15433, 029.4948.494 со скоростью движения моющего раствора $0,7 \dots 1,5$ м/с. Отличительной особенностью способа является то, что касательные напряжения трения на очищаемых поверхностях формируются не только во время перемещения деталей в очищающей среде, но и во время нахождения деталей над ней за счет стекающих с очищаемых поверхностей потоков моющего раствора, формирующих пленочные течения. Результаты экспериментальных исследований распределения касательных напряжений трения τ_w , потребляемой мощности N в зависимости от числа Re представлены на рис. 1.4. Из рис. видно, что касательные напряжения при пленочном течении раствора достигают величины $4,6 \text{ Н/м}^2$, в то время как при движении в моющем растворе их величина не превышает $2,1 \text{ Н/м}^2$.

На рис. линией 2 показана зависимость касательных напряжений, возникающих на поверхности детали во время окунания ее в раствор, от скорости потока без учета касательных напряжений, формируемых пленочным течением моющей среды после выноса детали на поверхность. Линия 1 показывает зависимость касательных напряжений при условии, что за цикл (окунание-вынос на поверхность), в течение 50% времени в растворе, а в остальное время — формируемые пленочным течением раствора. Наличие максимума на кривой объясняется тем, что при небольших скоростях движения детали образующаяся на ее поверхности пленка при выносе детали из раствора успевает стечь до следующего окунания детали в раствор, после чего новая его порция контактирует с загрязнением, способствуя его удалению за счет сдвига. До тех пор, пока время нахождения детали над поверхностью раствора будет достаточным для полного стекания пленки, увеличение касательных напряжений на очищаемой поверхности определяется повышением скорости движения детали в моющем растворе. После-

дующее увеличение скорости движения очищаемой детали сокращает время ее пребывания над поверхностью, и наступает момент, когда пленка раствора не успевает полностью стечь с очищаемой поверхности, оставаясь на ней в виде очень тонкого слоя на загрязненных местах. При последующем окунании новая порция моющего раствора взаимодействует не с загрязнением, как это было при меньших скоростях, а с тонким слоем раствора, находящегося на загрязнении. Поэтому своего максимального значения силы трения достигают в слоях моющего раствора, а не на его границе с загрязнением, куда они передаются, ослабляясь благодаря вязкости моющего раствора. Чем меньше времени отводится для стекания раствора с поверхности, тем толще на ней остается слой раствора, тем меньшие силы трения возникают на очищаемой поверхности. Еще меньше уровень номинальных напряжений при самом окунании (кривая 2). Зависимость потребляемой мощности от скорости потока (числа Рейнольда) при организации очистки деталей методом окунания не отличается какими-либо особенностями от рассмотренной выше интенсификации погружной очистки.

Результаты исследований способа интенсификации очистки окунанием деталей в моющий раствор с выносом их на поверхность свидетельствует также о том, что скорость движения деталей в растворе не может однозначно характеризовать степень воздействия раствора на очищаемую поверхность. При обосновании параметров процесса очистки деталей в роторных машинах и разработке оборудования, реализующего этот способ интенсификации очистки, необходимо учитывать, что время нахождения очищаемой детали над поверхностью должно быть достаточным для полного стекания раствора с детали, а скорость перемещения детали должна быть возможно большей.

1.3.5. Интенсификация моющей среды ротором-активатором и лопастным винтом

Ротор-активатор предназначен для создания высокоскоростных вращающихся потоков жидкости, эффективно воздействующих на очищаемые поверхности. Он представляет собой диск с радиально-расположенными на нем лопатками /62, 22/. Технические характеристики модернизированной моечной машины ОМ-5333, которая оборудована роторами-активаторами с вертикальным расположением приводного вала и внедрена на Витебском моторемонтном заводе, представлены в /6/.

Интенсификация очистки, в отличие от рассмотренных способов, достигается не перемещением очищаемой детали в моющем растворе, а за счет воздействия на неподвижную очищаемую поверхность (скорость движения конвейера, транспортирующего детали в проходных моечных машинах, можно учитывать) струями моющего раствора, формируемыми активирующими рабочими органами.

Для установления зависимости степени воздействия потока моющего раствора на очищаемую поверхность от ее месторасположения в рабочем объеме ванны было исследовано распределение касательных напряжений в продольной (совпадающей с осью ротора) плоскости ванны /11/. Результаты измерений распределения касательных напряжений τ_w на очищаемой поверхности в зависимости от вертикальной координаты h датчика по отношению к середине образующей ротора-активатора диаметром d и горизонтальной координаты l от этой же точки отсчета при угловой скорости $\omega = 99 \cdot c^{-1}$ свидетельствуют о значительной неравномерности распределения касательных напряжений в вертикальной плоскости вдоль образующей ротора, особенно на расстояниях от ее середины $l=0 \dots 2$. Так, на расстояниях $\frac{h}{d} = 1,0$ величина τ_w составляет $30 \dots 50\%$ от максимальных значений, а максимум касательных напряжений смещается от середины образующей ротора при $0 < l < 0,5d$ и $h=0,5d$ при $0,5d < l < 2d$. При расстояниях $l > 2,5d$ зависимость $\tau_w = f(\frac{h}{d})$ плавно убывает с уменьшением h . Характерной особенностью зависимости $\tau_w = f(\frac{h}{d})$ является резкое уменьшение τ_w при $0 < h < 0,5d$, что обусловлено, очевидно, влиянием диска. Так, при $h = 0,5$ величина τ_w составляет $5 \dots 12\%$ от максимального значения и с дальнейшим уменьшением h практически не изменяется. Результаты исследований распределения касательных напряжений в продольно-вертикальной плоскости позволяют дать следующие рекомендации для оптимизации расположения ротора-активатора по отношению к рабочей зоне и дну ванны: ротор необходимо устанавливать на высоте $h > 0,5d$ от дна ванны для избе-

жания интенсивного подъема осевших на дне загрязнений; рабочая зона моечных машин с этим способом интенсификации должна располагаться над плоскостью диска ротора-активатора (со стороны лопаток) на расстоянии до d .

Зависимость касательного напряжения трения (τ_w)
и мощности (N) от скорости потока (числа Рейнольдса)
при очистке в моечной ванне с ротором-активатором

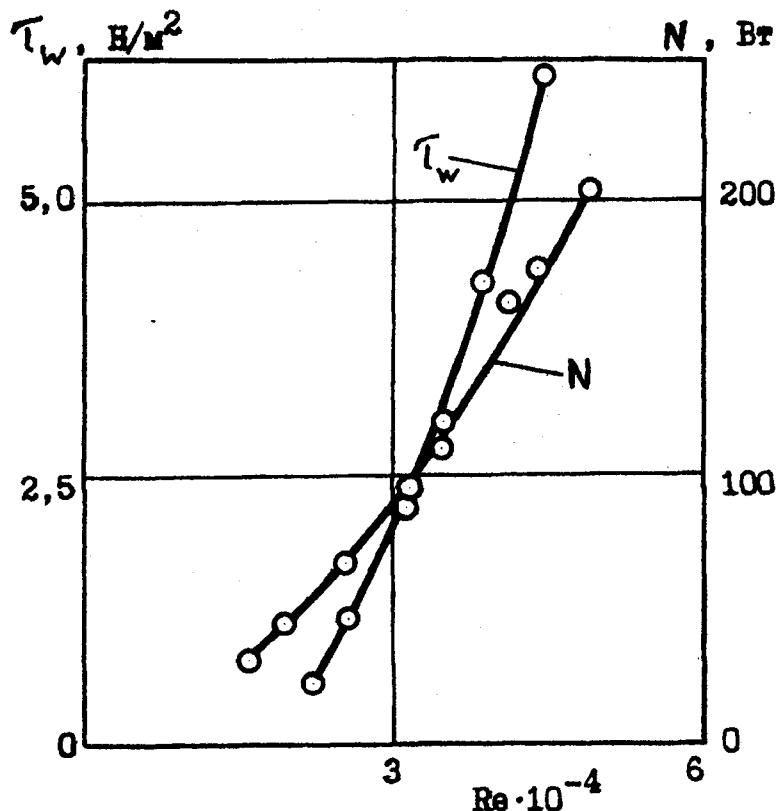


Рис. 1.5

Зависимость касательных напряжений τ_w от расстояния l до ротора для разных угловых скоростей его вращения при $h=0,5d$ показывает, что с удалением очищаемой поверхности от ротора создаваемые им касательные напряжения резко уменьшаются и на расстоянии $l=2,5d$ составляют 2 . . . 3% от значений τ_w при $l=0,5d$. Дальнейшее увеличение l практически не оказывается на изменении касательных напряжений на очищаемой поверхности, что свидетельствует о целесообразности размещения очищаемых поверхностей на расстоянии $l>1,5d$. Анализ зависимостей τ_w от расположения очищаемой поверхности позволяет сделать вывод о рациональном размещении центра рабочей зоны, который должен находиться на расстоянии $l=d$ и $l=0,5d$ от середины образующей ротора. Изучение зависимостей касательных напряжений τ_w и мощности N для этой точки (рис. 1.5) в зависимости от скорости потока показывает их более высокие значения, чем при других способах. Установлено, также, что на расстоянии $l=d$ скорость U моющего раствора составляет 10 . . . 20% от линейной скорости частиц раствора, находящегося на образующей ротора.

1.3.6 Интенсификация моющей среды лопастным винтом

Способ интенсификации моющего раствора лопастным винтом реализован в моечных машинах ОМ-281.01, ОМ-14251 и ОМ-5333М /18/.

Исследования этого способа позволили установить влияние взаимного расположения детали и лопастного винта на величину создаваемых им касательных напряжений на очищаемой поверхности, а также получить исходные данные для сравнительной оценки способов интенсификации очистки /1/.

Для достижения первой цели были проведены исследования распределения касательных напряжений τ_w в поперечном сечении струи. Полученные данные свидетельствуют о значительной неравномерности с выраженным максимумом при $r=(0,3 \dots 0,7)d$, что согласуется с данными, приведенными в работе /18/. Вблизи любой точки значения τ_w составляют 60 . . . 70% от $\tau_{w\max}$, что обусловлено возвратными течениями около винта. С удалением очи-

щаемой поверхности от плоскости вращения винта ($0 < l < 1,5d$) неравномерность касательных напряжений в поперечном сечении струи, генерируемой лопастным винтом, сглаживается и при $l > 1,5d$ плавно убывает от оси струи к периферии. Таким образом, ширина струи нарастает при удалении от винта с одновременным выравниванием неравномерности касательных напряжений.

Зависимость касательных напряжений трения $\tilde{\tau}_w$ и мощности N от скорости потока (выражена числом Рейнольдса) при чистке в моечной ванне с лопастным винтом в качестве активатора

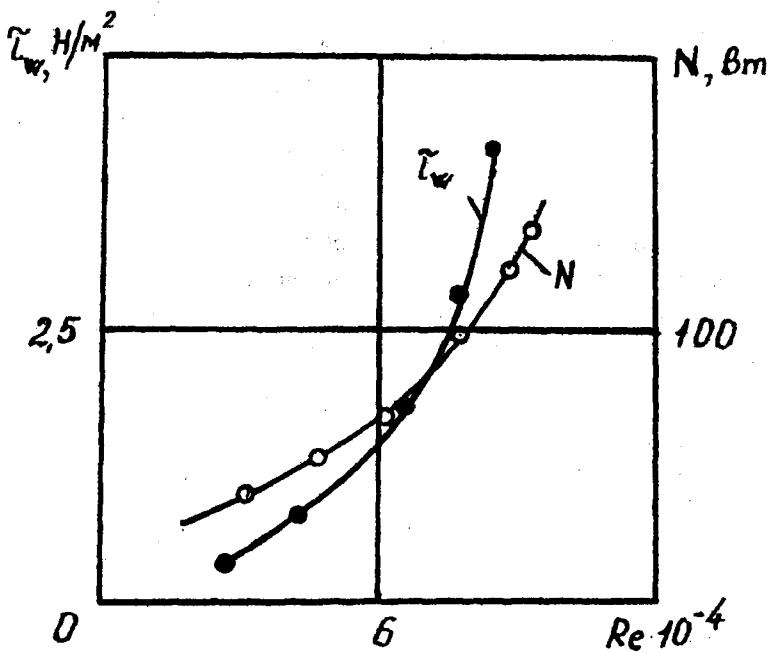


Рис. 1.6

Найденные зависимости показывают, что повышение угловой скорости вращения винта в 2 раза вызывает увеличение касательных напряжений в 3,7 раза. Это соотношение сохраняется во всем рассмотренном диапазоне l/d , что позволяет обосновывать взаимное расположение лопастного винта и центра рабочей зоны, который должен находиться на оси винта на расстоянии $l=d$. Для этих условий были изучены (рис. 1.6) зависимости $\tau_w = f_1(Re)$ и $N=f_2(Re)$ с целью получения информации для сравнительной оценки способов гидромеханической интенсификации погружной очистки.

1.3.7 Анализ экспериментальных исследований эффективности способов гидромеханической активации моющего раствора

Для сравнительного анализа эффективности основных способов гидромеханической активации моющего раствора в погруженых моечных машинах, полученные для рассмотренных способов зависимости касательного напряжения трения на стенке τ_w и потребляемой мощности N , были представлены соответственно коэффициентами поверхностного трения C_f согласно (1.4) и удельной мощности $N_{уд}$ (1.5). По аналогии с [23] представим результаты расчетов в виде зависимостей $C_f=f(N_{уд})$ с указанием соответствующих значений числа Re , которые представлены на рис. 1.7. Из рисунка видно, что наибольшим значением C_f при наименьших $N_{уд}$ (что соответствует оптимальному значению эффективности способа очистки) соответствует способ окунания детали с последующим выносом на поверхность. Способы интенсификации очистки роторами-активаторами и лопастными винтами имеют одинаковые значения $N_{уд}$, но при использовании ротора-активатора большая часть начального гидродинамического импульса ρU^2 расходуется на формирование сил трения на очищаемой поверхности. Способы интенсификации очистки маятниковыми и прямолинейными колебаниями уступают остальным способам по значениям коэффициента удельной мощности $N_{уд}$. Сравнительную оценку эффективности способов гидромеханической активации моющего раствора

можно представить на основании сравнения предельных значений коэффициента $K_{np}^0 = \left(\frac{C_f}{N_{ud}} \right)_{\max}$ (рис. 1.8).

Зависимость коэффициента поверхностного трения C_f
от удельных затрат мощности N_{ud} и числа Re
для различных способов гидромеханической активации моющего раствора

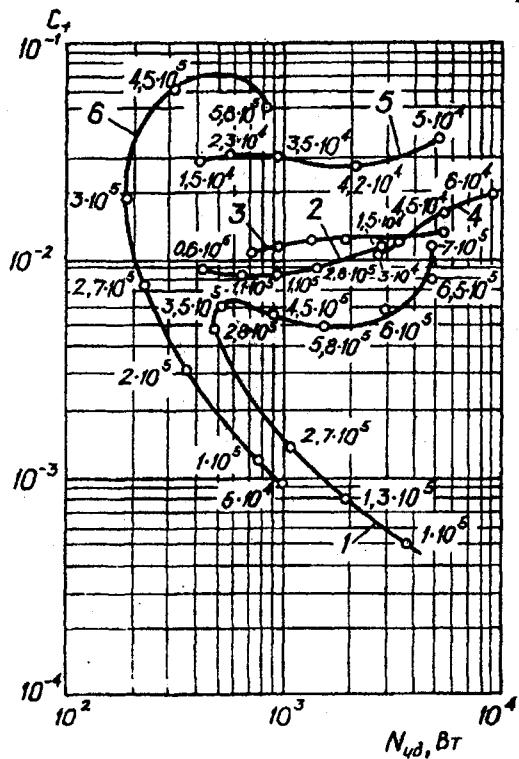
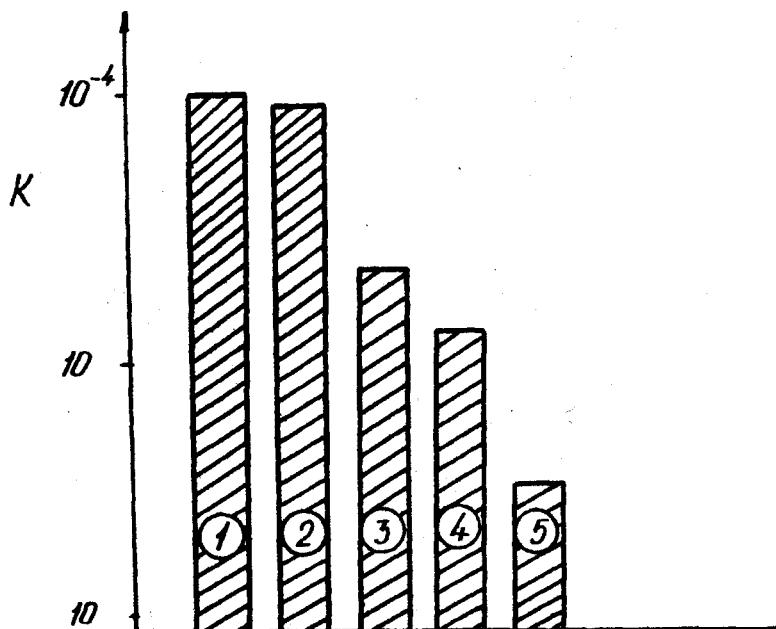


Рис. 1.7

Способы гидромеханической активации моющего раствора



1 — окунание деталей с выносом на поверхность раствора; 2 — с использованием ротора-активатора; 3 — с использованием лопастного винта; 4 — при маятниковом колебании платформы; 5 — при прямолинейных колебаниях платформы.

Рис. 1.8

Таким образом, при оценке качества очистки поверхности детали моющим раствором, в формуле (1.3.) значение K^0 может быть определено в зависимости от числа Re на основании рис. 1.7.

Для определения времени очистки $t_{0\phi}$ и качества очистки K, % воспользуемся зависимостью (1.3.) и результатами экспериментальных исследований очистки плоских поверхностей от модельных загрязнений /19/ для следующих способов гидромеханической интенсификации моющей среды: возвратно-поступательные движения платформы с объектами очистки; маятниковые колебания очищаемых деталей; интенсификация моющей среды ротором-активатором; интенсификация моющей среды лопастным винтом. Изготовление лабораторных образцов, загрязнений, моделирующих асфальто-смолистые отложения, их нанесение на поверхность образца, а также измерения качества очистки (весовой метод) проводилось по методике ГОСНИТИ /24/. Температура моющего раствора Лабомида-203 во всех случаях сохранялась постоянной, равной 60°C.

На рис. 1.9 а . . . г представлены точками результаты обработки экспериментальных исследований в виде зависимости качества очистки K от числа Re для указанных способов очистки при фиксированном времени очистки $t_{0\phi}(Sh)$.

На рисунках сплошные кривые соответствуют зависимостям (1.3) со значениями коэффициента $\bar{C} = C_\phi \bar{P}_N$, вычисленными для каждого рассматриваемого случая и представленными вместе с характеристическими постоянными K^0 , C^0 , \bar{C} в табл. 1.2. Значения угла α , представленные в таблице, характеризуют угол наклона плоского образца к набегающему потоку жидкости. На рис. 1.10 представлены точками результаты обработки экспериментальных исследований зависимости качества очистки K от числа Sh при фиксированных значениях числа Re. Здесь же сплошной линией представлена зависимость

$$K = \bar{C} K^0 \frac{\sqrt{Re}}{Sh} + K_0,$$

где K_0 — постоянная, соответствующая начальным условиям очистки ("замочка" деталей). Значения K_0 , \bar{C} , K^0 представлены в табл. 1.2.

**Зависимость качества очистки К от числа Рейнольдса Re
для различных способов активации моющего раствора**

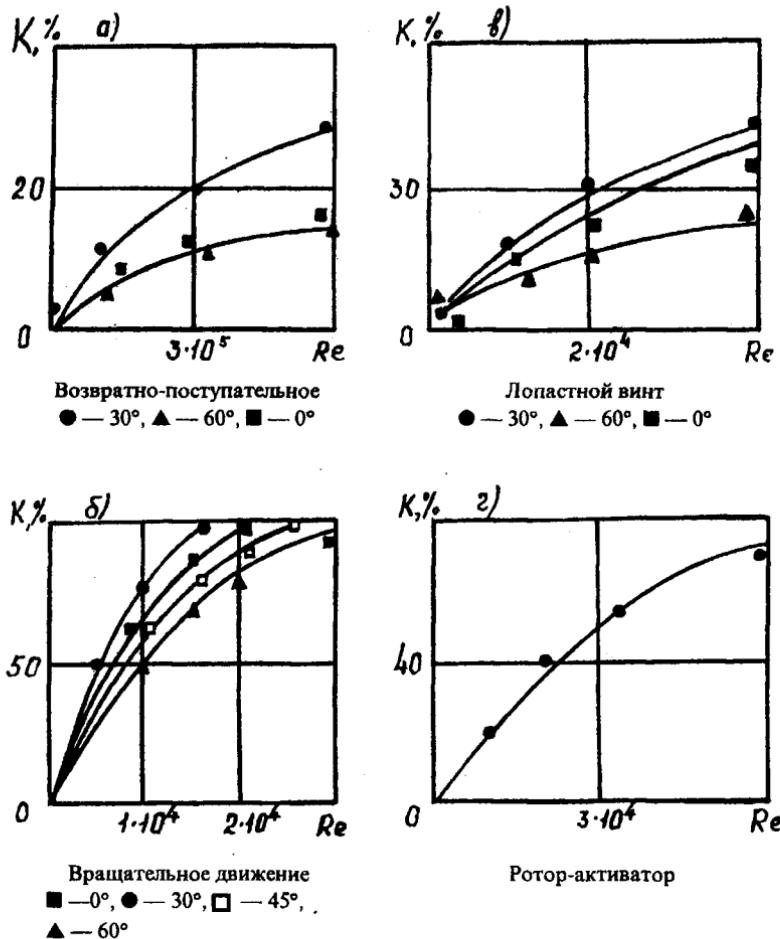


Рис. 1.9

Зависимость качества очистки К от числа Струхала \bar{Sh}
для различных способов активации моющего раствора

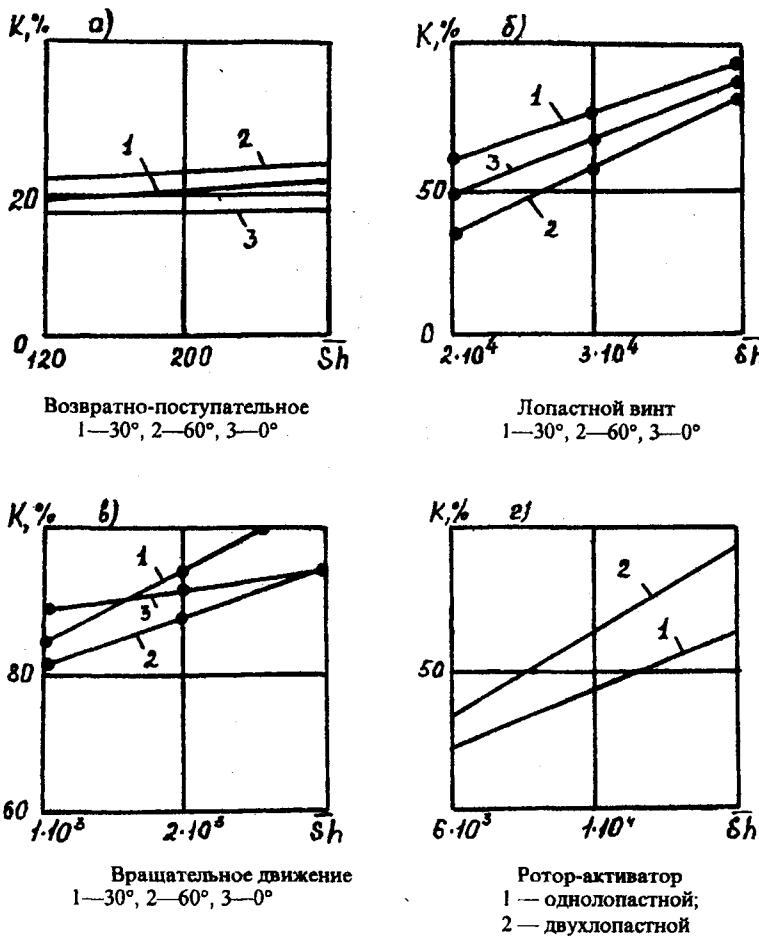


Рис. 1.10

Значения характеристических постоянных
для различных типов активаторов

Табл. 1.2

†

	Возвратно-поступательное движение			В и н т			Вращательное движение			Ротор-активатор
α°	0	30	60	0	30	60	0	30	60	$9,4 \cdot 10^5$
K°	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	
$C_\phi P_r$	$Sh=160$ ($n=1250$ об/мин)			$Sh=4,7 \cdot 10^4$ ($n=1250$ об/мин)			$Sh=1100$ ($n=350$ об/мин)			$Sh=1,5 \cdot 10^4$ ($n=1250$ об/мин)
	28,4	42,6	28,4	0,05	0,11	0,09	6,6	5,2	7,2	0,21
K°	$Re=1,5 \cdot 10^5$ ($n=1250$ об/мин)			$Re=5,22 \cdot 10^4$ ($n=1250$ об/мин)			$Re=1,49 \cdot 10^4$ ($n=350$ об/мин)			$Re=0,22 \cdot 10^4$ ($n=1250$ об/мин)
	17,5	17,5	17,5	16	3,13	2,5	82,3	68	73,3	однолопастной двухлопастной
$C_\phi P_r$	1,875	1,875	1,875	0,18	0,15	0,21	0,41	1,15	0,65	0,17 17,5 0,23

Таким образом, в результате фракционного анализа основных уравнений неразрывности, количества движения и энергии жидкости получена критериальная зависимость качества очистки поверхности детали раствором СМС, от способа очистки (K^0), свойств раствора (\bar{P}_N), скорости активации раствора (Re) и време-

ни очистки ($\bar{Sh} = \frac{1}{Sh}$). Эта зависимость позволяет выполнить

экспертную оценку при выборе способа погружной очистки деталей, оценить его эффективность и указать основные геометрические и мощностные характеристики рабочего органа — гидромеханического активатора очищающей среды, в реальной конструкции моечной машины.

Из анализа полученных результатов также следует, что начальная стадия технологической подготовки очистных процессов при малых объемах ремонта (примерно 2 тыс. изделий в год) должна быть ориентирована на создание машин роторного типа. При увеличении объемов ремонта целесообразно использование проходных машин погружного типа, оснащенных роторами-активаторами.

ГЛАВА 2. СИСТЕМА ПОГРУЖНЫХ МОЕЧНЫХ МАШИН

Проведенное обследование ремонтно-обслуживающих предприятий /25, 40, 69/ выявило ряд существенных недостатков в организации и технологии очистки деталей и машин, основными из которых являются:

- несоблюдение технологии многостадийной очистки. На предприятиях не выполняются многие операции, предусмотренные технологией, из-за отсутствия технологического оборудования;
- нарушение технологических режимов очистки, особенно несоблюдение температуры моющей среды;
- неиспользование для очистки современных синтетических моющих средств;
- применение в качестве основного струйного способа очистки, который, как показала практика, не обеспечивает требуемого качества, повышает энергоемкость и металлоемкость процесса, требует значительных производственных площадей.

Согласно работам /21,5/ и ОСТ 70.0001.216-85 "Машины для очистки тракторов, автомобилей и их составные части. Технические условия", приведены результаты анализа погружного моечного оборудования ремонтного производства и рекомендации по его эффективному применению (раздел 2.1).

2.1. Анализ погружного моечного оборудования ремонтного производства

Моечные машины, реализующие способ интенсификации очистки прямолинейными возвратно-поступательными колебаниями очищаемых поверхностей в моющем растворе, состоят, как правило, из ванны, платформы для размещения корзин с деталями, привода и механизма для возвратно-поступательного движения платформы. Время очистки в машинах этого типа составляет 0,5—0,8 и при применении СМС, поэтому они могут применяться на предприятиях с небольшими программами ремонта. Заметим, что из рассмотренных способов интенсификации погружной очистки, этот способ является наиболее энергоемким. Технические характеристики моечных машин с пневмовибрацией грузовой платформы приведены в табл. 2.1.

Технические характеристики моечных машин с пневмовибрацией
грузовой платформы

Таблица 2.1

Показатели	ОМ-12190	ОМ-5287	ОМ-22608	ОМ-22609	ОМ-21602	"Мингус" АЖ-ЛИФ (Голландия)	"Марин"	ОМ-9101
Производительность кг/ч (м ² /ч)	50—100	150—250	800	1500	4000	600	200	20
Объем моющего раствора, м ³	0,5	1,6	1,6	3,0	6,0	1,2	0,5	0,07
Грузоподъемность платформы, кг	100	450	450	900	1100	200	70	12
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	4—6	6—8	10	12	15	6—8	1—2	—
Частота коле- баний, Гц	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2	0,5—4
Амплитуда коле- баний, мм	100—150	100—200	150—200	150—200	150—200	до 200	до 150	до 200
Установленная мощность, кВт	0,13	4	5,7	5,7	1,5	—	—	10,25
Масса, кг	870	1800	1584	2600	3800	470	230	140
Наибольшие габа- ритные размеры очищаемых изделий, мм	200×200× ×300	750×550× ×850	850×750× ×550	1880×1100× ×1500	2500×1100× ×1100	1200×600× ×550	150×150× ×200	—

**Технические характеристики моечных машин с маятниковыми колебаниями
очищаемых объектов**

Таблица 2.2

Показатели	ОМ-21608	ОМ-21628	ОМ-21629	ОМ-21630
Производительность, т/ч ($\text{м}^2/\text{ч}$)	(8000)	8 (130)	5 (80)	3 (48)
Объем моющего раствора, м^3	130	20	10	5
Установленная мощность, кВт	100	19	12	3,7
Наибольшие габаритные размеры очищаемых изделий, мм	8000×3000×2000	2200×1600×1600	1600×1200×1200	1200×1000×1000
Габаритные размеры, мм	—	1350×4500×4400	6000×2700×2300	5500×1600×1700
Масса машины, т	18	12,3	11	3,5

**Технические характеристики погружных
роторных моечных машин**

Таблица 2.3

Показатели	ОМ-12376	ОМ-15429	ОМ-15433	029.4946 (МО СССР)	029.4941 (МО СССР)	ОМ-14283 "Ротор-4"
Производительность, т/ч	9,6	5,0	3,2	6—12	4	0,96
Установленная мощность, кВт	31	16	7	25	9	4,95
Расход пара на нагрев, кг/ч	400	300	130	400	300	—
Наибольшие габаритные размеры очищаемых изделий, мм	2200×1100× ×1200	1200×1000× ×1000	600×600× ×600	2700×800× ×640	1160×640× ×700	400×400× ×400×400
Габаритные размеры моечной машины, мм	7200×5900× ×4800	6400×4700× ×3960	5970×2950× ×4000	8820×4820× ×4500	5000×4700× ×4680	4050×2600× ×3150
Масса, т	15,6	12,0	5,0	18,0	12,0	2,6

При использовании моечных машин с интенсификацией очистки прямолинейными возвратно-поступательными колебаниями очищаемых деталей в моющем растворе, для повышения эффективности очистки следует устанавливать максимальную частоту и амплитуду колебаний платформы с деталями, которые обеспечиваются данным оборудованием. Наиболее загрязненные поверхности необходимо располагать под углом 45° к направлению колебаний [1].

При очистке деталей в моечных машинах с маятниковыми колебаниями платформы очищаемые объекты надо располагать равномерно по всей платформе. Расположение очищаемых поверхностей относительно направления их движения не влияет на качество очистки. Технические характеристики моечных машин с маятниковыми колебаниями очищаемых объектов приведены в табл. 2.2.

Интенсификация очистки окунанием деталей в моющий раствор с периодическим выносом их на поверхность реализована в роторных моечных машинах. К достоинствам таких машин относятся малая энергоемкость, что подтверждается результатами сравнительной оценки различных способов интенсификации очистки (рис. 1.6) простота в обслуживании, надежность конструкции.

В роторных моечных машинах контейнеры с очищаемыми объектами навешиваются на крестовину. В процессе очистки крестовина вращается, а объекты очистки то погружаются, то выносятся из моющего раствора. Практика эксплуатации роторных моечных машин показала, что они пригодны для очистки деталей, сборочных единиц и агрегатов. Роторные моечные машины можно встраивать в единую технологическую линию (мойки, снятия старой краски, пассивации и обезжиривания). Технические характеристики роторных моечных машин приведены в табл. 2.3.

При использовании роторного моечного оборудования необходимо подбирать такой режим работы, чтобы время нахождения очищаемых объектов над поверхностью раствора было достаточным для полного стекания моющего раствора с деталей, а скорость движения деталей в растворе была наибольшей. Если регулировать скорость движения деталей в растворе невозможно, то оптимальное соотношение времени пребывания детали над поверхностью и время движения ее в растворе можно установить изменением уровня раствора в моечной машине.

**Технические характеристики моечных машин
с лопастными винтами**

Таблица 2.4

Показатели	ОМ-281.01	ОМ-14251	ОМ-14275	ОМ-5333
Производительность очистки, т/ч ($\text{м}^2/\text{ч}$)	1,5	4,0	(288)	12
Объем моющего раствора, м^3	3,6	4,6	—	22
Расход пара (топлива), кг/ч	топливо 8,8 4,5	120 21,6	— 42,0	0,5 100
Установленная мощность, кВт				
Наибольшие габаритные размеры очищаемых изделий, мм	800×800×800	1200×1000×1000	1200×1000×1000	1500×700×1000
Габаритные размеры моечной машины, мм	3960×2780×1600	4630×2830×3870	12410×2720×4030	12070×3600×3100
Масса, т	1,8	4,0	9,0	47,5

94

**Технические характеристики моечных машин
с роторами-активаторами**

Таблица 2.5

Показатели	ОМ-14295	ОМ-14294	ОМ-14286
Производительность, т/ч ($\text{м}^2/\text{ч}$)	2,7	600 (72)	120 (8)
Объем моющего раствора, м^3	7,0	7,5	40
Установленная мощность, кВт	9,1	8,2	48
Наибольшие габаритные размеры очищаемых изделий, мм	1200×1000×1000	600×600×600	1200×1000×1000
Габаритные размеры машины, мм	камера 2200×1600×1800 блок подготовки 2000×1600×3325 камера 1,1 блок подготовки 2,2	9550×3420×2160 (СБПР) 3,1	17165×3400×5490 14,9
Масса машины, т			

Интенсификация погружной очистки лопастными винтами применяется в машинах проходного и тупикового типов. Благодаря высокому уровню гидромеханического воздействия моющего раствора на очищаемую поверхность, эти машины имеют большую производительность.

Моечная машина тупикового типа ОМ-181-01, предназначенная для мойки узлов и деталей в мастерских общего назначения и в ЦРМ хозяйств, состоит из ванны, устройства для нагрева моющего раствора, лопастного винта и поворотного загрузочного стола с приводом.

Технические характеристики моечных машин с лопастными винтами приведены в табл. 2.4.

Для создания потоков моющего раствора машина ОМ-14251 снабжена двумя лопастными винтами. Изделие для очистки загружают на платформу, которая в процессе мойки совершает вертикальные колебания с выходом деталей из моющего раствора с кратковременной выдержкой в этом положении. В результате моечная машина реализует достоинства двух способов интенсификации очистки: гидромеханической активации раствора винтами и пленочного течения раствора при выносе детали из раствора.

Максимальная эффективность удаления загрязнений в моечных машинах с лопастными винтами обеспечивается в том случае, когда центр рабочей зоны располагается на расстоянии $l=d$ по оси винта (d — диаметр винта). Чем больше удален центр рабочей зоны от оси винта, тем ниже эффективность гидромеханического воздействия на очищаемые объекты. Более загрязненные поверхности должны располагаться ближе к наружной части корзины или контейнера. При этом корзина должна быть изготовлена с учетом обеспечения свободного доступа турбулентных струй к очищаемым объектам.

Помимо погружных моечных машин тупикового типа с активацией очистки гребными винтами, разработан типоразмерный ряд проходных секционных моечных машин типа "Поток" для очистки узлов и деталей с автоматизацией загрузки и выгрузки очищаемых объектов. Эти машины характеризуются высоким уровнем гидромеханического воздействия на очищаемые поверхности, но достаточно громоздки и требуют дополнительных затрат на техническое обслуживание уплотнений вращающихся валов.

Указанных недостатков лишены машины с роторами-активаторами /6/. Вертикальное расположение приводного вала исключает необходимость уплотнений. Машины имеют повышенную надежность привода, низкую металлоемкость. Технические характеристики машин с роторами-активаторами приведены в табл. 2.5. Время очистки деталей с применением растворов СМС составляет 25—20 мин. При использовании роторов-активаторов очищаемые объекты необходимо располагать выше плоскости его диска (со стороны лопаток) на 0,5 d при удалении от образующей ротора на d (где d — диаметр ротора).

2.2. Рекомендации по эффективному использованию погружного моющего оборудования ремонтного производства

При выборе погружного моющего оборудования следует учитывать такие факторы, как необходимая производительность машины, отвечающая требованиям технологического процесса; максимальные габариты объектов очистки, форма очищаемых объектов и др.

В соответствии с перечисленными факторами и с учетом приведенных результатов исследований можно дать следующие рекомендации по выбору погружного моющего оборудования /11/.

При очистке объектов достаточно простой формы (например, блоков цилиндров) на предприятиях с большой программой ремонта целесообразно применять проходное моющее оборудование с роторами-активаторами. Если имеются проходные машины с лопастными винтами, то винты надо заменить роторами-активаторами.

Специализированным предприятиям по ремонту шасси тракторов и автомобилей целесообразно применять моющие машины с маятниковыми колебаниями;

На специализированных предприятиях по ремонту сборочных единиц и агрегатов наиболее эффективны роторные моечные машины типа ОМ-15429.

Если конкретному участку очистки и мойки подходят несколько вариантов моечного оборудования с различными способами очистки, то предпочтение следует отдавать моечным машинам, где способ очистки характеризуется наибольшей величиной параметра K° (рис. 1.6). Например, для очистки деталей в первую очередь следует применять машины роторного типа.

При эксплуатации моечного оборудования погружного типа следует иметь в виду, что если производительность его превышает потребности производства, то для удаления загрязнений рекомендуется загрузить очищаемые объекты в машину и выдержать их в растворе без включения машины во время ее вынужденного простоя. Это связано с тем, что максимальная физико-химическая активность моющего раствора проявляется лишь по истечении времени, необходимого для адсорбции молекул поверхностно-активных веществ на частицах загрязнения (5—7 мин.). Кроме того, за это время деталь нагревается и снижается вязкость загрязнений, что значительно уменьшает требуемые для их удаления энергозатраты.

ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ ДЛЯ ПОГРУЖНОЙ ОЧИСТКИ ИЗДЕЛИЙ

3.1. Физико-химические основы взаимодействия очистного раствора с загрязнением и очищаемой поверхностью

Очистное действие технологического раствора состоит в отделении жидких и твердых загрязнений с поверхности изделия, переводе их в технологическую среду в виде растворов или дисперсий и защите очищенной поверхности от оседания частиц загрязнений. Основные явления, обуславливающие очистное действие — это физико-химическая адсорбция, смачивание, эмульгирование и стабилизация /59, 65/.

Процесс адсорбции уменьшает прочность соединения загрязнения с металлической поверхностью и сопротивление загрязнения к механическим воздействиям, что обеспечивает диспергирование и образование микротрещин на поверхности загрязнений, тем самым уменьшает их когезионную прочность.

На границе очищаемой поверхности и раствора имеется полограничный слой молекул, неуравновешенных жидкой средой, поэтому он обладает избытком свободной энергии или адсорбционной активностью. Избыток свободной энергии определяет поверхностную энергию или натяжение. Поверхностное натяжение изменяют работой, которую необходимо затратить для увеличения поверхности жидкости на 1 см², а произведение поверхностного натяжения на величину поверхности называют свободной поверхностной энергией. Способность вещества понижать свободную поверхностную энергию характеризует поверхностную активность этих веществ. Вещество, понижающее поверхностное натяжение раствора, называют поверхностно-активным (ПАВ).

ПАВ представляет собой полярные органические соединения. Полярность ПАВ обусловлена строением молекул, состоящих из гидрофобной и гидрофильной частей. Гидрофобная (водоотталкивающая) часть молекулы состоит из остатков углеводородной цепи длиной 10 . . . 18 углеродных атомов и способствует растворению ПАВ в масле. Гидрофильная часть молекулы содержит карбоксильную COOH, гидроксильную OH, сульфатную OSO или

аминогруппу NH_2 и способствует растворению ПАВ в воде. Наибольшее применение в очистных процессах имеют коллоидные (мылоподобные) ПАВ. В водных растворах коллоидные ПАВ имеют высокую поверхностную активность и способность образовывать коллоидные агрегаты-мицеллы. Эта способность проявляется при пороговой концентрации ПАВ. Образование мицелл при критической концентрации мицеллообразования (ККМ) приводит к резкому изменению очистных свойств растворов ПАВ. Величина ККМ зависит от вида ПАВ, наличия в растворе щелочных добавок и температуры раствора. Для различных ПАВ значение ККМ составляют 1 . . . 10 г/л.

Щелочные добавки значительно снижают ККМ, что обеспечивает максимальное очистное действие раствора при меньшем расходовании ПАВ.

Смачивание заключается в растекании капли жидкости, помещенной на поверхность твердого тела. Это свойство зависит от поверхностного натяжения жидкости, сочетания составов жидкости и твердого тела.

Загрязнения, как правило, состоят из жидкой (масла, смолы) и твердой (пыль, асфальтены, карбены, и др.) частей. Такие загрязнения удаляют с поверхности изделия путем эмульгирования жидкой фазы (образования эмульсий) и диспергирования твердой фазы (образования дисперсий). На процессы эмульгирования и диспергирования большое влияние оказывает механическое воздействие раствора, способствующее разрушению загрязнений.

Адсорбция ПАВ сопровождается образованием адсорбционного и сольватного слоев молекул, покрывающих все поверхности. В зависимости от активности ПАВ адсорбционные процессы сопровождаются различными эффектами — дисперсионными, расклинивающими, капиллярными и их комбинациями. Так, капиллярное давление достигает значений 150 . . . 260 МПа, расклинивающее давление в микротрещинах — 80 . . . 100 МПа.

Водные растворы коллоидных ПАВ при концентрации выше ККМ способны поглощать значительное количество нерастворимых в воде веществ с образованием прозрачных нерасслаивающихся со временем растворов. Этот процесс называется коллоидным растворением, или солюбилизацией. Явление солюбилизации объ-

ясняется способностью мицелл ПАВ поглощать гидрофобными углеводородными радикалами молекулы веществ, нерастворимых в воде.

Процесс очистки поверхности металла от загрязнения можно представить множеством воздействий | 19 | (рис. 3.1).

Вода, обладающая большим поверхностным натяжением, не смачивает гидрофобные загрязнения, а стягивается в отдельные капли. При растворении в воде очистного средства поверхностное натяжение раствора уменьшается, отчего раствор проникает в трещины и поры загрязнения и уменьшает его адгезионную и когезионную прочность. Отколавшиеся грязевые частицы переходят в раствор. Молекулы ПАВ адсорбируются на загрязнениях и очищенной поверхности, что препятствует укреплению частиц и осаждению их на поверхности. В результате частицы загрязнений во взвешенном состоянии стабилизуются в растворе и удаляются вместе с ним.

3.2. Очистные среды на основе растворов щелочных солей и ПАВ

Создание технических моющих средств (ТМС) на основе ПАВ и щелочных электролитов — одно из важнейших достижений в области очистки изделий.

Щелочные электролиты в ТМС повышают активность ПАВ. Щелочную реакцию раствору придают щелочи и щелочные соли. Щелочная реакция раствора щелочей объясняется их диссоциацией, а раствора щелочных солей — их гидролизом. Степень гидролиза возрастает с повышением температуры и с понижением концентрации. Из щелочей применяют едкий натр. В качестве щелочных солей наиболее часто применяют кальцинированную соду, силикаты (метасиликат натрия, жидкое стекло), фосфаты (тринатрийфосфат, триполифосфат). Щелочные вещества нейтрализуют свободные жирные кислоты и омыляют загрязнения, поддерживают определенную концентрацию водородных ионов (показатель pH) и умягчают воду.

Схема процесса очистки поверхности металла

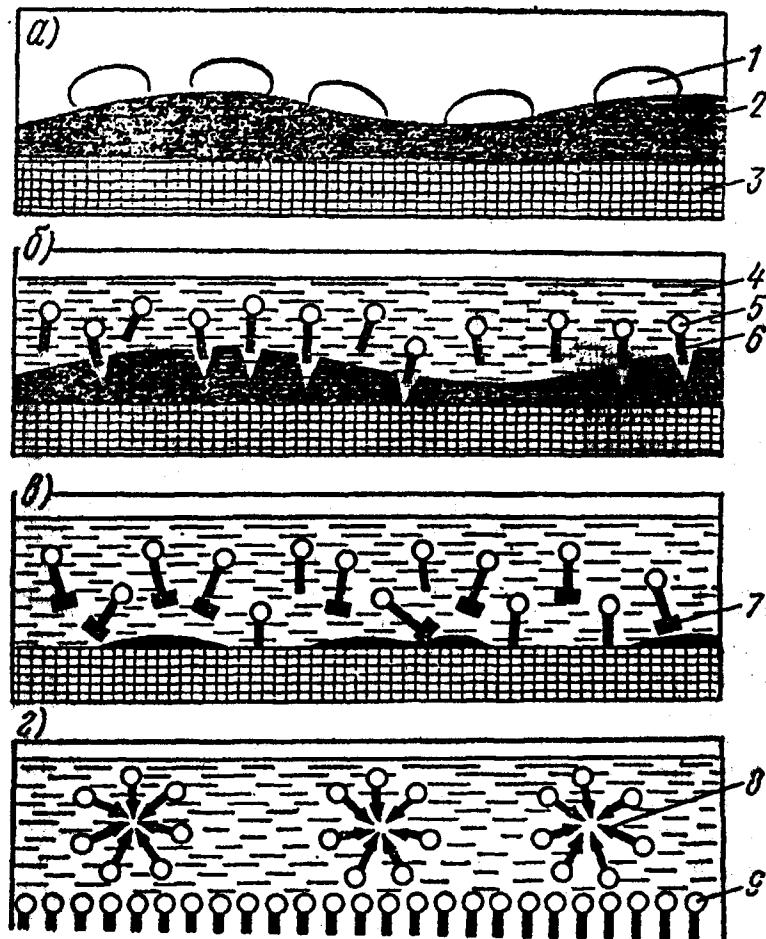


Рис. 3.1

При очистке поверхностей различных металлов во избежание их коррозии необходимо ограничивать значение водородного показателя pH. При очистке цинка и алюминия pH раствора должно составлять 9...10, олова — не выше 11, латуни — не более 12,0...12,5, а сталь допускает очистку при pH до 14 /59/. Легкие и цветные металлы очищаются, практически, при значительно больших значениях pH, например, 11,5...12,8. Однако, такие растворы обязательно содержат в своем составе силикаты (метасиликат натрия, жидкое стекло), предотвращающие коррозию алюминия, меди и цинка.

Для приготовления ТМС применяют синтетические ПАВ. В качестве анионных ПАВ применяют: алкилсульфаты первичные и вторичные; алкансульфаты; сульфонаты карбоновых кислот, их амидов и эфиров; алкидарисульфонаты; алкилfosфаты. К неионогенным ПАВ относятся оксиэтилированные алкилфенолы, оксиэтилированные высшие жирные спирты и алканоламиды.

Моющее действие ПАВ проявляется в поверхностной активности и высокой смачивающей способности. Они являются эффективными диспергаторами и стабилизаторами супензий и эмульсий, вызывают солюбилизацию маслообразных загрязнений.

Внедрение ПАВ обеспечивает снижение стоимости растворов на 40...60% и сокращение времени очистки в 5...7 раз /66/.

ТМС являются многокомпонентными смесями химических веществ, каждое из которых выполняет определенные функции в сложном процессе очистки поверхностей от загрязнений. Состав ТМС подбирается для конкретного применения в определенном технологическом процессе очистки, промывки или обезжиривания деталей из определенного материала от заданных загрязнений.

В результате первого этапа разработки были выпущены ТМС из смесей таких широко применяемых щелочных неорганических веществ, как кальцинированная сода, силикат натрия, простых и полимерных солей фосфорной кислоты с небольшими добавками ПАВ. К ним относятся порошкообразные ТМС Лабомид, МС, МЛ, Викол, ТРИАС и др. Высокая щелочность и повышенное коррозионное воздействие на поверхность металлов не позволило их применение для очистки деталей из цветных металлов и сплавов, а также для очистки точных деталей и деталей с покрытием.

В 80-х годах наметилась тенденция в создании качественно новых ТСМ в основном на неионогенных ПАВ в смеси с растворителями и органическими добавками к ним.

Оптимальное сочетание свойств достигалось при условии получения ТМС в жидкой товарной форме. К таким ТМС относятся Вертолин-74, Истра, Импульс, Фокус-74, ТМС-57, Омега и др.

ТМС Лабомид, МС, МЛ, Темп практически взаимозаменяемы при очистке и обезжиривании рекомендованной техники в целом и ее деталей.

Средства Анкрас и СЭП-411 применяют для удаления старых лакокрасочных покрытий.

Назначение и характеристика некоторых ТМС следующие. ТМС-31 — водный раствор смеси ПАВ и органических добавок предназначен для обезжиривания поверхностей (в том числе полированных) металлов и сплавов от масляобразных загрязнений и остатков полировальных паст. Состав (%): мыло натриевое — 7 . . . 8; эстефат 383 — 5 . . . 6; моноэтаноламиды синтетических жирных кислот — 9 . . . 10; изопропиленовый спирт или спирт этиловый технический — 10 . . . 12; триэтаноламин — 8 . . . 10; олеиновая кислота или смесь дистиллированных жирных кислот оливкового или горчичного масла — 3; вода — остальное. Лабомид-203 и Лабомид-204 — смесь ПАВ и неорганических солей. Последние средства предназначены для очистки машин и их деталей из черных и некоторых цветных металлов от маслогрязевых и асфальтосмолистых загрязнений. Состав этих ТМС приведен в табл. 3.1.

Состав в ТМС типа Лабомид (%)

Таблица 3.1

Составляющие	Лабомид	
	203	204
Синтанол ДТ-7	6	8
Алкилсульфаты натрия первичные	2	2
Сода кальцинированная	50	50
Триполифосфат натрия	30	20
Метасиликат натрия	—	20
Жидкое стекло	10	—

МС-6 — смесь неионогенных ПАВ с неорганическими щелочными добавками. Предназначена для очистки шасси тракторов, автомобилей, комбайнов, их агрегатов и узлов, в том числе, их деталей из черных и цветных металлов. Состав (%): синтанол ДС-10-6; триполифосфат натрия — 25; метасиликат натрия — 6; 5; сода кальцинированная — 34 . . . 37; вода — остальное.

МС-8 — смесь неионогенных ПАВ с неорганическими щелочными солями. Предназначена для очистки двигателей, их узлов и деталей. Состав (%) синтанол — 5—8; триполифосфат натрия — 25; метасиликат натрия — 6,5; сода кальцинированная — 32 . . . 36; вода — остальное.

МЛ-51 и **МЛ-52** — смеси ПАВ со щелочными неорганическими солями. МЛ-51 предназначена для очистки машин и деталей от остатков горюче-смазочных материалов, маслогрязевых отложений и консервационных покрытий. МЛ-52 — для очистки деталей машин и двигателей внутреннего сгорания от остатков горюче-смазочных и асфальтосмолястых отложений. Состав этих ТМС приведен в табл. 3.2.

Состав ТМС типа МЛ (%)

Таблица 3.2

Составляющие	МЛ	
	51	52
Сода кальцинированная	44	50
Триполифосфат натрия тринатрийfosфат	34,5	30
Метасиликат натрия или жидкое стекло	20	10
Смачиватель ДБ	1,5	6,2
Сульфонол	—	1,6

МЛ-51 применяется в комбинированных машинах, МЛ-52 — в машинах погружного типа.

МС-15 — смесь неионогенных ПАВ с неорганическими щелочными смесями. Предназначена для очистки машин, агрегатов, узлов и деталей от масляных отложений методом погружения в различных очистных машинах. Состав (%): оксифос Б-6; триполифосфат натрия 24; метасиликат натрия — 5,5; сода кальцинированная — 41—44; вода — остальное.

Детали со смолистыми отложениями предварительно замачивают в растворе в течение 15...20 мин.

ТМС применяются в водном растворе концентрацией 20...30 г/л при температуре 80—90°C.

3.3. Очистные среды на основе органических растворителей

Органические растворители обладают способностью растворять загрязнения, находящиеся на поверхностях, с образованием с ними однофазных растворов переменного состава. К органическим растворителям предъявляют основные требования: высокая растворяющая способность, нетоксичность, пожаробезопасность и нейтральность по отношению к материалу очищаемой поверхности. Кроме того, растворители должны быть стабильными при их регенерации. Важными характеристиками растворителей являются летучесть, температура кипения и вспышки.

Наибольшее применение получили две группы органических растворителей: углеводороды и хлорфтогорпроизводные углеводородов (табл. 3.3).

Органические растворители и их свойства

Таблица 3.3

Растворители	Плотность при 20°C кг/м ³	Температура кипения, °C	Поверхностное натяжение при 20°C, Н/м	
			1	2
Бензин Б-70	680...730	40...180		—
Керосин	790...830	200...310		—
Уайтспирит	790	165...200		—
Бензол	880	80,1		28,8
Толуол	870	110,6		28,5
Ксиол	860	137...141	25...30	
Метиловый спирт	790	64,5		22,5
Этиловый спирт	798	78,3		—
Изопропиленовый спирт	785	82,4		—
Ацетон	790	56,2	23,3	
Циклогексанон	950	161,1		33,9
Этилацетат	900	77,1	23,7	

1	2	3	4
Бутилацетат	880	126,1	25,2
Хлористый метилен	1330	39,9	28,1
Метилохлороформ	1350	73,9	25,7
Перхлорэтилен	1470	87,2	29,5
Трихлорэтилен	1630	121,2	32,9
Четыреххлористый углерод	1605	76,8	25,7
Дихлорэтан	1170	57,3	24,7
Хладон 113	1580	47,6	19,0

В первую группу входят алифатические углеводороды, получаемые из нефти (керосин, уайтспирит, бензин), ароматические углеводороды, получаемые из каменоугольной смолы (бензол, толуол, ксиол), неароматические кольцевые углеводороды (скипидар), спирты (метиловый, этиловый, изопропиловый), кетоны (ацетон, циклогексанон), эфиры (этилацетат, бутилацетат). Все они токсичны и пожароопасны.

Во вторую группу входят хлорированные углеводороды. Почти все они негорючи и токсичны. При взаимодействии с водой, светом и теплом нестабилизированные хлорированные растворители разлагаются, а продукты разложения (соляная кислота, хлор, фосген) вызывают коррозию металлов.

Третья группа органических растворителей-фторированные и обромированные углеводороды (хладоны) — постепенно вытесняют пожароопасные углеводороды. Они намного безопаснее в работе, легко регенерируют и оказывают меньшее воздействие на пластмассы и резину.

3.4. Контроль очистных сред

В заводских условиях контролируют температуру очистного раствора и концентрацию ТМС.

Концентрация ТМС определяется косвенными методами измерения параметров: щелочности, pH — регламентно разбавленных растворов плотности и электропроводности.

Наибольший интерес для ремонтного производства представляет последний метод, как наименее трудоемкий, более точный и стабильный, независимо от наличия загрязнений в растворе.

Для контроля концентрации растворов применяют следующие устройства /65/: АМР-4, АМП-4Т, и Конкор-1. Они обеспечивают измерение концентрации ТМС в очистных растворах в пределах 5 . . . 40 г/л и диапазоне температур 20 . . . 95°C. Погрешность измерения 4%. Принцип работы анализаторов основан на вычислении концентрации по электропроводности и температуре. Анализатор АМР-4 имеет автономное питание и выдает в течение 3 мин. цифровое значение концентрации ТМС без поднастройки в диапазоне 45 . . . 95°C. Анализаторы АМР-4Т и Конкор-1 в отличие от АМР-4 имеют питание от электросети напряжением 220 В. Кроме того, анализатор Конкор-1 оснащен устройством для формирования и подачи сигнала на управление исполнительным механизмом дозирования ТСМ. Анализаторы надежны в работе, имеют небольшие габаритные размеры и массу, просты в обращении.