

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. академика С. П. КОРОЛЕВА

Л. Г. КЛЮЧАРЕВ

М О Й К А
Л Е Т А Т Е Л Ь Н Ы Х
А П П А Р А Т О В

Учебное пособие

КУЙБЫШЕВ 1989

Мойка летательных аппаратов: Учеб. пособие/Л. Г. Ключарев; Куйб. авиац. ин-т. Куйбышев, 1989. 74 с.

В пособии изложены причины образования загрязнения обшивки планера ЛА, его вредное влияние на нормальную эксплуатацию ЛА. Разобраны теория и практика применения моющих средств. Приведены основные способы мойки ЛКП обшивки ЛА, конструктивные схемы существующих и перспективных устройств и установок для механизированной мойки ЛА.

Пособие предназначено для изучения соответствующих разделов курсов «Эксплуатация ЛА» и «Ремонт ЛА», может использоваться при курсовом и дипломном проектировании студентов авиационных вузов по специальности 1610, а также рекомендовано специалистам, работающим в области эксплуатации и ремонта ЛА.

Табл. 3. Ил. 45. Библиогр.: 43 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета института

Рецензенты: А. И. Солодков, В. А. Хитов

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	4
I. Наружная мойка — необходимая основная часть технического обслуживания летательных аппара- тов	6
1.1. Характеристика загрязнений обшивки и механизм их образования	9
1.2. Оценка степени чистоты обшивки ЛА	15
1.3. Трудоемкость, периодичность и организа- ция процесса мойки ЛА	18
II. Физико-химические основы применения мою- щих средств	23
2.1. Общие сведения о моющих средствах	23
2.2. Современное представление процесса мой- ки	28
2.3. Применяемые моющие средства	34
III. Процессы наружной мойки летательных ап- паратив	37
3.1. Основные способы мойки наружных по- верхностей ЛА	38
3.2. Ручная мойка обшивки летательных аппа- ратов и ее малая механизация	53
3.3. Существующие средства механизации про- цесса мойки летательных аппаратов в СССР и за рубежом	59
3.4. Перспективные средства механизации про- цесса мойки летательных аппаратов и пу- ти их совершенствования	66
Библиографический список	71

ВВЕДЕНИЕ

Задачи, поставленные XXVII съездом КПСС перед гражданской авиацией по увеличению объемов перевозок и повышению регулярности полетов, требуют постоянного повышения интенсивности использования летательных аппаратов (ЛА). Одним из направлений интенсификации является сокращение времени простоя самолетов и вертолетов в аэропортах на техническом обслуживании (ТО). Кроме этого, существенную роль в уменьшении себестоимости авиаперевозок играет применение прогрессивных средств ТО.

Во время эксплуатации ЛА их наружная поверхность покрывается тонкой пленкой загрязнения, плотность и прочность которой зависит от ее природного химико-физического состава. Наличие слоя загрязнения на наружных поверхностях планера ЛА ухудшает его аэродинамические характеристики, затрудняет их визуальный и инструментальный осмотр, влияет на сохранность покрытий планера, а также вызывает у пассажиров чувство недоверия и боязни полета.

В настоящее время мойка ЛА рассматривается как одна из наиболее важных сторон технического обслуживания ЛА, требующая дальнейшего совершенствования этого производственного процесса и применяемых средств механизации.

Проблема мойки ЛА стала наиболее актуальной с появлением ЛА большой геометрии (ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-76, ЯК-42, ИЛ-86, МИ-26 и др.).

Существуют различные методы мойки наружных поверхностей ЛА: химический, химико-меха-

нический, гидродинамический, вихревой и др. Осуществление мойки ЛА этими методами сталкивается с существенными трудностями технологического, конструкторского и экологического характера.

В данном учебном пособии обобщаются сведения по современному уровню технологии и средств мойки ЛА.



1. НАРУЖНАЯ МОЙКА — НЕОБХОДИМАЯ СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Нахождение ЛА на техническом обслуживании обычно вызвано необходимостью обеспечения требуемой надежности, а следовательно безопасности полетов.

Основными целями процесса мойки являются:

облегчение работы и условий труда обслуживающего персонала при визуальном и инструментальном осмотре планера ЛА;

устранение пленки загрязнения, которая приводит к потускнению и разрушению покрытий, вызывает коррозию силовых элементов планера;

уменьшение лобового сопротивления планера ЛА, увеличение которого ведет к росту часового расхода топлива;

придание ЛА ухоженного и аккуратного вида.

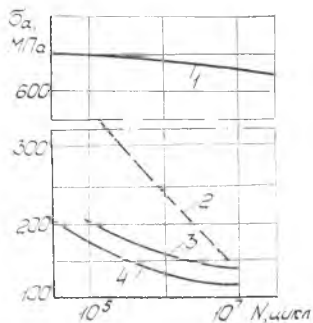
Обшивка и силовые элементы планера в основном изготавливаются из алюминиевых и титановых сплавов. Титановые сплавы обладают высокой коррозионной устойчивостью. Алюминиевые сплавы такой устойчивостью не обладают, поэтому в них вводят специальные присадки и покрывают антикоррозионными покрытиями.

Однако многие силовые элементы ЛА (особенно нижние панели обшивки крыла и хвостового оперения, обшивка фюзеляжа, детали и узлы из магниевых сплавов, направляющие рельсы закрылков) подвергаются коррозии.

Широко распространенными и опасными видами коррозионного планера ЛА являются точечная и межкристаллитная коррозия при сравнительно небольшом количестве прокорродированного металла. Эти виды коррозии вызывают значительную потерю усталостной прочности.

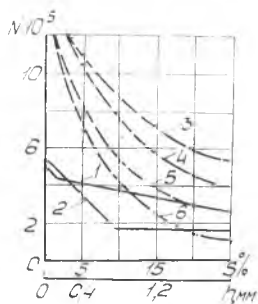
Влияние коррозии на усталость обшивки проявляется в том, что она создает концентрацию напряжений и ускоряет развитие уже образовавшихся трещин. В зависимости от состава среды (сухой, влажный или морской воздух, влага в виде дождя и снега, наличие солей в атмосфере и ВПП), а также от вида коррозии среда в различной степени воздействует на сопротивление усталости. На рис. 1 видно, что при испытаниях в водопроводной воде предел выносливости сталей снижается в 5...10 раз

Рис. 1. Влияние состава среды на сопротивление усталости образца: 1, 2 — сталь ($\sigma_B = 1900$ МПа); 3, 4 — алюминиевый сплав ($G_B = 400$ МПа); — — — испытания на воздухе; — — — — испытания в водной среде; — · — · — — испытания в 3%-ном растворе NaCl



по сравнению с испытаниями на воздухе, а воздействие 3%-ного раствора NaCl снижает долговечность алюминиевого сплава в 3...4 раза. Наименее опасна в усталостном отношении общая (равномерная) коррозия. Но в реальных условиях эксплуатации равномерная коррозия в чистом виде встречается редко и обычно дополняется язвенным поражением. Из рис. 2 следу-

Рис. 2. Сопротивление усталости алюминиевого сплава Д16Т с коррозионными поражениями поверхности в зависимости от относительной площади S коррозионного поражения поверхности, глубины h и диаметра коррозионного кратера d_K (1 — равномерное коррозионное поражение; 2 — неравномерное коррозионное поражение; 3 — $d_K = 1,3$ мм; 4 — $d_K = 2,0$ мм; 5 — $d_K = 3,5$ мм; 6 — $d_K = 5$ мм)



ет, что в зависимости от площади и глубины коррозии усталостная долговечность алюминиевого сплава существенно снижается. При этом площадь коррозионного поражения снижает сопротивление усталости в меньшей степени, чем диаметр и глубина коррозионных язв.

Наиболее опасна для сопротивления усталости коррозия под напряжением, создающая концентраторы напряжений типа острого надреза, а также межкристаллитная коррозия. Она, как правило, развивается без существенных изменений открытой для наблюдателя поверхности конструкции и требует для своего обнаружения применения специальных методов дефектоскопии, не говоря уже о должной чистоте участка исследуемой поверхности.

Анализ результатов аэродинамических продувок образцов в ГОСНИИГА показал, что при отклонении от оптимальной нормы периодичности мойки ЛА (10...12 суток) на 5 суток расход топлива на крейсерском режиме возрастает на 0,1% и пропорционально увеличивается с ростом степени загрязненности обшивки. При средней величине шероховатости $\nabla = 35 \dots 45$ мкм (лакокрасочное покрытие сильно загрязнено, растресканность составляет 50% покраски обшивки) дополнительная величина расхода топлива стабилизируется и составляет 1...1,5%.

Испыгания, проведенные Air — France, фиксируют рост лобового сопротивления на 3% для самолета В-707, который не подвергался наружной мойке в течение месяца. В результате этого часовой расход двигателей увеличился на 3 тонны для одного трансатлантического перелета.

Как видно из данных экспериментов, шероховатость обтекаемой поверхности оказывает существенное влияние на величину поверхностного трения. На практике представляет интерес выяснить величину допустимой шероховатости для турбулентного пограничного слоя, при которой не происходит увеличения сопротивления по сравнению с гладкой стенкой.

На основании теоретической аэродинамики следует, что в турбулентном пограничном слое шероховатость не приводит к увеличению лобового сопротивления в случае, если высота элементов шероховатости меньше толщины ламинарного подслоя. Приблизительно величина допустимой шероховатости $\nabla_{\text{доп}}$ может быть определена из соотношения

$$\frac{v_n \nabla_{\text{доп}}}{\nu_n} = 100,$$

где v_n — скорость обтекания (полета);

$\nabla_{\text{доп}}$ — величина допустимой высоты элемента шероховатости;

ν_n — кинематическая вязкость воздуха на определенной высоте полета.

Из приведенного выражения не трудно подсчитать, что для современных ЛА гражданской авиации допустимая шероховатость лежит в районе $\nabla_{\text{доп}} = 10 \dots 20$ мкм. Однако исследованиями, проведенными в аэродинамических трубах, показано, что даже и более мелкая шероховатость (в пределах 2...10 мкм) может значительно влиять на сопротивление трения.

Экспериментальные данные по увеличению расхода топлива при полете «грязного» самолета можно подтвердить элементарным расчетом.

При горизонтальном полете самолета потребная тяга двигателей

$$P_{\text{потр}} = mg/K,$$

где m — масса самолета,

$K = c_y/c_x$ — коэффициент аэродинамического качества самолета.

По мере загрязненности обшивки ЛА лобовое сопротивление растёт, поэтому растёт и $P_{\text{потр}}$, а так как удельный расход двигателей равен $c_{уд} = G_T/P_{\text{потр}}$, то часовой расход G_T топлива тоже увеличивается.

При прочих равных условиях, например, двигатели самолета ЯК-42 на крейсерском режиме расходуют примерно 3000 кг/ч, т. е. за четыре часа полета «грязный» самолет перерасходует 100 — 150 кг топлива.

Как видно, процесс мойки ЛА является необходимой и естественной составной частью их технического обслуживания, так как без этого технологического процесса снижается уровень безопасности полета и бесцельно сжигается топливо.

Существенным условием мойки должна быть ее оптимальная периодичность, при которой стоимость сэкономленного топлива всегда больше стоимости работ по выполнению мойки ЛА.

1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОБШИВКИ И МЕХАНИЗМ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

Во время стоянки, рулежки, взлета, посадки и полета на всех высотах обшивка ЛА непрерывно загрязняется.

При стоянке обшивка загрязняется за счет запыленности воздуха, попадания на нее топлива и масел при неаккуратной заправке. Во время рулежки, взлета и посадки обшивка дополнительно загрязняется брызгами воды и грязи, а также отработанными газами. Загрязнение обшивки в полете в основном происходит за счет пыли и солевых отложений дождевых осадков.

Загрязнение воздуха пылью происходит за счет ветровых потоков. В воздухе крупных городов кроме пыли поверхностного слоя земли содержатся аэрозоли деятельности промышленности и транспорта с концентрацией от 0,005 до 0,01 г/м³. При эксплуатации ЛА на грунтовом аэродроме с супесчаной почвой концентрация пыли в воздухе может достигнуть 0,5... 1 г/м³. В основном пыль в атмосфере состоит из неорганических (кварц, полевой шпат) и органических (споры растений, бактерии, вирусы, остатки насекомых и др.) веществ. В атмосферу городов вместе с продуктами горения поступают окись и двуокись угле-

рода, сернистый ангидрит, окислы азота, соединения свинца, различные углеводороды, сажа и т. д.

Оседая на обшивку ЛА, эти загрязнения образуют с ней тонкую пленку, которая в силу прочного сцепления с покрытием довольно трудно удаляется.

Причины сцепления (адгезии) частиц загрязнений к поверхности обшивки обусловлены молекулярными силами двух соприкасающихся тел, действием капиллярных сил жидкости, конденсирующейся в зазоре между ними, действием двойного электрического поля, образующегося в зоне контакта, а также кулоновского взаимодействия и ряда других причин.

Особенностью энергетического состояния любой межфазной поверхности является обязательное наличие запаса свободной поверхностной энергии.

Частицы загрязнения, которые находятся около твердой поверхности, как «магнитом» притягиваются к этой поверхности.

Адгезия загрязнения в основном зависит от следующих причин:

- физико-химических свойств загрязняемой поверхности (шероховатость, гидрофобность, гидрофильность);
- электрических свойств контактирующих поверхностей;
- температуры и влажности внешней среды;
- вида и размера частиц загрязнения.

Экспериментально установлено, что с увеличением шероховатости (шероховатость поверхности — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине) адгезия частиц проявляется нелинейно (рис. 3). При равной отрывающей силе максимального значения достигает на поверхности, обработанной по 13-му классу шероховатости. С ухудшением качества обработки до 10-го класса адгезия уменьшается, а затем снова растет. Сила адгезии также изменяется и в зависимости от шероховатости частиц загрязнения.

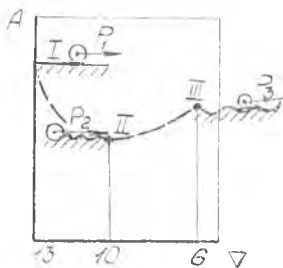


Рис. 3. Зависимость силы адгезии А от степени чистоты поверхности ∇ (I — стеклянный шарик; II — сталь; III — $P_1 = P_2 = P_3 = \text{const}$)

Сила адгезии максимальна при одинаковой полярности контактирующих поверхностей, т. е. гидрофобной к гидрофобной, гидрофильной к гидрофильной.

При соприкосновении частиц пыли с поверхностью обшивки электрзаряды, находящиеся на поверхности частиц загрязнений, притягивают равные по величине и обратные по знаку за-

ряды на поверхности, что приводит к появлению на поверхностной обшивке избыточных зарядов. Сила адгезии увеличивается при движении частиц пыли в воздушном потоке, который обтекает обшивку ЛА.

С увеличением температуры поверхности лакокрасочного покрытия (ЛКП) обшивки за счет появления его липкости растет сила адгезии. Она резко увеличивается также у влажных частиц пылинок при попадании их на охлажденную поверхность (с $t < 0^{\circ}\text{C}$) из-за «примерзания» за счет конденсации влаги между контактирующими телами.

При контакте частицы загрязнения могут соприкоснуться лишь отдельными выступами и общая площадь таких контактов незначительная. Однако присутствие малых количеств жидкости резко увеличивает площадь контактов.

На адгезию пыли влияет адсорбционная и конденсационная вода. Первая определяет возможность появления водородной связи, а вторая — капиллярных сил между контактирующими поверхностями. Во время дождя характер адгезии и формирование слоя загрязнения может носить характер захвата пылинок каплями дождя и совместное выпадение на ЛКП или же попадание капелек дождя на уже запыленную поверхность. Характер адгезии в этих случаях будет отличаться от адгезии той же пыли на воздухе в сухую погоду.

За счет ударов капель дождя происходит эрозия ЛКП обшивки, что приводит к уносу массы и увеличению шероховатости покрытия, а это в определенной степени косвенно влияет на интенсивность и характер загрязненности ЛКП.

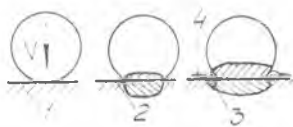


Рис. 4. Падение капли жидкости на твердую поверхность (1 — начальный контакт; 2 — соударение; 3 — боковое вытекание жидкости; 4 — струя; заштрихованы области сжатия)



Рис. 5. Образование микротрещин на поверхности (1 — твердая поверхность; 2 — капля; 3 — струя жидкости)

При падении капле жидкости на покрытие происходит внезапная остановка капле (рис. 4). Внезапное торможение приводит к повышению давления на границе жидкости и твердой поверхности. При этом высокое давление внутри капле заставит жидкость растекаться по поверхности. Повреждение покры-

гия происходит как в результате воздействия высокого давления на границе жидкости и покрытия, так и в результате растекания жидкости по поверхности. В настоящее время точного понимания процессов дождевой эрозии пока не существует, т. е. не изучена связь между напряжением и повреждением твердого тела. Однако вполне ясно, что величина напряжений в материале в определенной степени зависит от нормальных сил, действующих на поверхность. Боковые струи жидкости, разбрызгивающие из капли, также приводят к повреждению материала. Струи жидкости вступают во взаимодействие с мельчайшими трещинами и неровностями поверхности и выбивают кусочки материала (рис. 5). Особенно эрозии подвергаются фронтальные поверхности ЛА.

Энергия адсорбции движущихся частичек к ЛКП обшивки зависит от радиуса площади контакта и определяется упругими свойствами подложки. Для уменьшения сил адгезии пыли и окрашиваемой поверхности выбирают покрытия с большой твердостью. Пылеудерживающая способность покрытия зависит от свойств растворителей и пленкообразующих компонентов, входящих в состав эмалей.

В настоящее время наружную обшивку ЛА покрывают полиакриловыми, перхлоридовыми, эпоксидными и полиуретановыми эмалями.

В процессе эксплуатации происходит старение ЛКП обшивки, что ведет к увеличению шероховатостей покрытия, а следовательно, к более быстрому ее загрязнению. Устойчивость к старению ЛКП уменьшается приблизительно в следующем порядке: полиуретановые, перхлоридовые, акриловые, масляные и нитроцеллюлозные покрытия.

Твердость ЛКП также существенно зависит от температуры окружающей атмосферы, тогда покрытие размягчается и способствует более интенсивному загрязнению обшивки.

В состав атмосферной пыли входит также частицы различных углеводородов, которые, оседая на обшивку, замасливают ее, причем это происходит за счет двух основных видов органических соединений: ациклических и карбоциклических и главным образом — первых, в частности алифатических углеводородов. Молекулы этих веществ в нормальном трансизомерном состоянии имеют нитеобразную форму, а их углеродные цепи — одну и ту же полиэтиленовую структуру, как и у нормального ряда простейших органических кислот.

Адгезия масляных загрязнений зависит от длины углеродных цепей молекул, входящих в состав топлив и масел, от времени соприкосновения и качества поверхности. Обнаружено,

что адгезия линейно возрастает с увеличением длины цепей молекул в гомологическом ряду углеводов (жирные кислоты, масла, спирты, парафины).

Считается, что на структуру граничных масляных загрязнений влияет природа и состояние твердой поверхности. На поверхности обшивки образуются кристаллообразные адсорбционные слои полярных молекул в виде многочисленных рядов зеркально ориентированных углеводородных цепей. Если загрязнения находятся на поверхности в избытке, то такой слой граничит с бесструктурной жидкостью и пластически вязкой массой вещества. Удаление ее при мойке должно подчиняться законам вязкого или вязкопластического течения, это нельзя сказать об адсорбционном

мультимолекулярном слое, фиксированном на поверхности покрытия. Как образуется этот слой? В общем виде, из-за большого разнообразия возможных граничных систем, рассмотрим вопрос о взаимодействии молекул в граничных слоях масляных загрязнений на поверхности твердого тела довольно трудно. Однако можно утверждать, что взаимодействие первичного адсорбционного монослоя с твердой поверхностью носит характер химической (ковалентной) связи или сил Ван-дер-Ваальса. Что же касается межмолекулярных связей в мультимолекулярных граничных слоях, то они в большинстве случаев имеют физическую природу. На рис. 6 приведена гипотетическая картина взаимодействия молекул. В первом случае (рис. 6, а) удаление загрязнений затруднено, так как энергия сорбционной связи, полярных групп с металлом очень значительна, во втором — связь между углеродными цепочками молекул одного ряда димеров с другим мала.

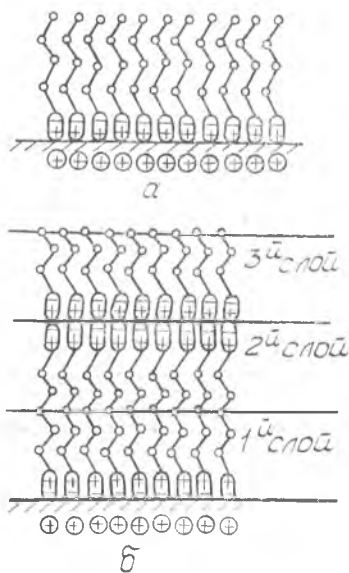


Рис. 6. Схема образования на поверхности твердого тела мономолекулярной (а) и полимолекулярной (б) пленки из полярных молекул на примере жирной кислоты

Совершенно не изучена структура образующихся на поверхности обшивки масляных загрязнений сложного состава, которые содержат компоненты различных углеводов и неорга-

нических включений. К таким загрязнителям можно отнести загрязнения, которые наблюдаются на обшивке, поверхность которой сильно нагревается и испытывает воздействие выхлопных газов.

На основе наблюдений специалистов ГОСНИИГА в табл. 1.1 приводится упрощенная классификация загрязнения обшивки ЛА.

Исследованиями установлено, что ни один из приведенных в этой таблице видов загрязнения не находится на обшивке ЛА в чистом виде. Обычно это наложение двух, трех или даже всех пяти видов загрязнения.

Согласно экспериментальным данным максимальное значение сил адгезии сухого загрязнения ЛКП обшивки ЛА достигается

Таблица 1.1.

Вид загрязнения	Примерный состав загрязнения	Отношение к общему объему загрязнения, %	Площадь обшивки ЛА, покрытая данным видом загрязнения, %
Пылесолевые отложения, содержащие в атмосферных осадках и в воздухе	Сложные соединения кремния, углерода, серы, кальция, азота и т. д. с водой, кислородом воздуха, друг с другом	65..80	100
Минерально - органические вяжущие вещества	Битумная мастика швов ВПП и РД, герметик швов обшивки планера ЛА	5..8	5..10
Органические вещества и продукты их термического разложения	Керосин, бензин, сажа, копоть, масла и другие сложные органические соединения	12..25	20..25
Отложения белкового (биологического происхождения) вещества	Следы разбившихся насекомых и птиц	< 1	1,5..3
Прочие загрязнения	Компоненты моющих и антиобледенительных жидкостей; продукты стирания резины покрышек шин колес	1..2	5..10

ет 0,008...0,015 МПа. Это значение определялось как сопротивление сдвигающему усилию, направленному по касательной к загрязненной поверхности. Для загрязнений, содержащих до 10% органических веществ, предельное значение силы сцепления загрязнений не превышает 0,005 МПа.

1.2. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ ОБШИВКИ ЛА

Качество любой поверхности твердого тела — совокупность свойств, характеризующих чистоту (микрogeометрию), а также твердость, микроструктуру, остаточное напряжение и другие физико-химические показатели состояния того или иного твердого покрытия в его тонких верхних слоях.

Если рассматривать загрязненность как нежелательный поверхностный слой материала, то под чистотой обшивки ЛА понимается: оптимальное количество загрязнения, которое имеется на внешней поверхности обшивки ЛА к моменту очередной мойки, установленной сроками ТО.

Важное значение для определения срока удаления этого поверхностного слоя загрязнения является выбор объективного способа контроля состояния чистоты обшивки.

Существует целый ряд способов определения чистоты поверхности обшивки ЛА: визуально-эталонный; способ измерения белизны (укрывитости); гравитационный; способ определения смачиваемости водой; определения смачиваемости подкрашенной водой; флуоресцентный; способ измерения краевого угла; измерения шероховатости и др.

Визуально-эталонный способ — способ осмотра поверхности обшивки с применением оптических средств или без них. Он требует большого навыка в определении степени загрязнения, но в сочетании с эталонными образцами чистоты он позволяет довольно быстро сделать заключение о характере и степени загрязненности ЛКП обшивки.

Способ определения укрывитости загрязнениями поверхности обшивки основан на измерении белизны или блеска контролируемого участка обшивки по сравнению его с эталонной («чистой») поверхностью с помощью фотоэлектрических приборов, например, блескомера ФБ-2 или другого типа в соответствии с ГОСТ 8784 — 75.

Степень блеска (укрывитости) N в % рассчитывается по формуле $N = 100 - Б$, где 100 — белизна или блеск эталонной «чистой» поверхности; Б — белизна или блеск контролируемой поверхности, %.

Объективность определения чистоты поверхности зависит от

правильной калибровки прибора и его применения на поверхностях различной геометрии.

Гравитационный (массовый) способ представляет собой удаление загрязнений с поверхности обшивки фильтровальной бумагой с последующим взвешиванием и анализом. Обычно массовое содержание загрязнения обшивки определяется по следующей методике. Сухая чистая салфетка из ткани или фильтровальной бумаги размером 100×100 мм взвешивается на аналитических весах. Салфетку смачивают уайт-спиртом или другим жидким и летучим растворителем, не разрушающим ЛКП и не дающим при высыхании осадка, тщательно протирают контролируемый участок обшивки до полного удаления загрязнений и измеряют площадь очищенной поверхности. Затем салфетку сушат при $t = 80...120^{\circ}\text{C}$ и взвешивают на весах с точностью до 0,01 г. Количество загрязнений определяет разность между массами сухой чистой и сухой грязной салфеток. Эта разность, поделенная на площадь очищаемого салфеткой участка, дает массовое содержание загрязнения на единицу площади. Основным недостатком этого способа является то, что он не дает картину распределения загрязнения по контролируемой поверхности.

Способ смачиваемости с помощью чистой воды дает возможность получить рисунок загрязненной обшивки. При этом способе на контролируемую поверхность напыливается чистая холодная вода с помощью пульверизатора. Во избежание нанесения на поверхность обшивки излишнего количества воды распылитель должен находиться на расстоянии не менее 0,5 м. Нанесение воды продолжается до полного смачивания всей площади контролируемой поверхности. На загрязненных участках образуется узор из капелек, а поскольку на поверхности не допускается образования толстого слоя воды, то не будет тенденции смыкания слоя над загрязненным участком. Для более точного определения степени загрязненности обшивки иногда пользуются прибором, имеющим прозрачную крышку, разделенную на квадраты. Часто при применении этого способа применяют несколько другую методику. Воду также напыливают на контролируемый участок обшивки, но затем нанесенный слой воды слегка растирают на поверхности мягкой кистью. На жирных и грязных пленках капли воды собираются в отдельные шарообразные крупные капли (пятна), которые легко перемещаются за кистью по поверхности или образуют след движения кисти в виде мелких или продолговатых капель. На чистой поверхности вода равномерно растекается тонкой сплошной пленкой. Этот способ прост и надежен в применении, но может дать искажен-

ную картину чистоты обшивки, если на ней остались следы моющих поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые гидролизуют не только ЛКП, но и остаточное загрязнение.

Находит применение способ исследования чистоты поверхности с помощью распыления воды с добавлением красящих веществ (пигментов). Пигмент (например, лазурная синяя) добавляется в воду в количестве не более 0,1%. После образования рисунка загрязненности обшивки и сушки с помощью ламп накаливания на поверхности образуется более контрастная картина загрязнения. При наличии на поверхности непрерывного слоя воды, как это имеет место на почти чистых участках обшивки, окрашивание мало заметно.

Флуоресцентный способ основан на свечении частиц загрязненности при освещении их ультрафиолетовыми лучами. Это свечение наблюдают визуально или фотографируют на чувствительную пленку. Для увеличения интенсивности свечения в слой загрязнения добавляют в ничтожно малых количествах флуорохромалюминисцирующие вещества. К ним относятся вещества, принадлежащие к группе красителей (оранжевая, аурамин, корифосфин, примулин и др.), пигменты и их производные (хлорофил). В этом случае для интенсивности свечения применяют флуориметры, которые обычно состоят из фотометра и устройства для возбуждения флуоресценции (ртутной лампы с фильтрами).

В эксплуатационных подразделениях может найти применение способ определения чистоты поверхности обшивки, который основан на измерении краевого угла (угла смачивания) капельки воды (0,05 мл), которая помещается на контролируемый участок обшивки. В зависимости от характера загрязнения краевой угол φ (рис. 7) будет изменяться. Наименьшего значе-

Рис. 7. Изменение краевого угла φ капли воды в зависимости от чистоты поверхности обшивки (φ_1 — «чистая обшивка», φ_2 — «грязная» обшивка)



ния он достигнет на «чистой» поверхности; по мере ее замасливания он будет увеличиваться. В этом случае, как и в способе смачивания, используется проявление поверхностных явлений, связанных с особенностями поверхностей раздела и приводящих к образованию тончайших поверхностных слоев, что ведет к из-

менению лиофильности обшивки. Этот способ, как ни один из перечисляемых, привлекателен локальностью применения.

Для определения чистоты поверхности также применяют измерение толщины слоя загрязнений с помощью обычных индикаторных головок часового типа с ценой делений 0,001...0,002 мм.

К перспективным способам исследования чистоты покрытий следует отнести использование оптических профилометров и радиоактивных изотопов.

В ГПИ и НИИГА разработана и применяется шкала оценки чистоты поверхности обшивки (табл. 1.2). Шкала содержит 6 разделов чистоты. Каждый раздел оценивается пятью примерно равнозначными критериями (визуальный вид, укрупненность, масса загрязнения, толщина слоя и смачиваемость), различными по методике определения, но соответствующими только своему разделу и эталону чистоты поверхности. Этот эталон является наглядным (шестым) критерием оценки чистоты. Оценка степени чистоты обшивки ЛА по предполагаемой шкале можно выполнить по любому из шести способов.

Многочисленными наблюдениями установлено, что ЛА, которые не проходили мойку в течение 5...10 дней, имеют обычно общее загрязнение обшивки, соответствующее 4-му разряду, а отдельные зоны (шасси, районы около силовых установок, закрылки) — 5 и 6-му разрядам по этой шкале оценки чистоты.

Как видно, все рассмотренные способы оценки чистоты поверхности не дают полного представления о загрязненности обшивки ЛА, так как их применение затруднено значительными контролируемыми поверхностями различной геометрии и степенью загрязненности.

1.3. ТРУДОЕМКОСТЬ, ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОЙКИ ЛА



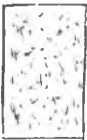



В настоящее время каждый ЛА, находящийся в эксплуатации, периодически полностью или частично моется.

Полная мойка обшивки ЛА проводится при выполнении периодических видов ТО, при подготовке их к эксплуатации в осенне-зимних и весенне-летних условиях и при инспекторских осмотрах.

Частичная мойка обычно выполняется при проведении оперативных видов регламентных работ и в зависимости от степени загрязнения отдельных участков обшивки.

Современные ЛА имеют довольно значительные поверхности обшивки, которые подвергаются систематическому загрязнению.

Таблица 1.2

Ряд- чис- лоты	Характе- ристика поверхнос- ти	Эталон чистоты поверхности	Оценка чистоты поверхности				По смачи- ваемости, % смочен- ной поверх- ности
			Визуальная	По укравн- тости N , %	По массо- вому содер- жанию, мг/см ²	По толщине слоя, мкм	
I	Чистая		Следы загрязнения незаметны при 12- кратном увеличении	$5 > N \geq 0$	0...0,005	2,5 ч <	Полная, 95...100
II	Практически чистая		Следы загрязнения едва заметны нево- оруженным глазом на расстоянии < 0,5 м	$15 > N \geq 5$	0,005...0,01	2,5...5	Хорошая, 75...90
III	Загрязнена		Загрязнение видно невооруженным гла- зом на расстоянии 1 м	$40 > N \geq 15$	0,01...0,005	5...10	Удовл., 50—75
IV	Грязная		Загрязнение отчетли- во видно невооружен- ным глазом на рас- стоянии > 1 м	$15 > N \geq 40$	0,05...0,25	10—20	Слабая, 35—50
V	Сильно грязная		— » —	$90 > N \geq 75$	0,25...0,50	20—50	Плохая, < 30
VI	Полное загрязнение		— » —	$85 > N \geq 100$	0,5...1,0	50...100 и более	Плохая, < 30

Трудоёмкость процесса мойки наружной обшивки ЛА зависит от типа ЛА, его габаритов, аэродинамической формы и вида покрытия обшивки.

На рис. 8 (данные ГПИ и ГОСНИИГА «Аэропроект») при-

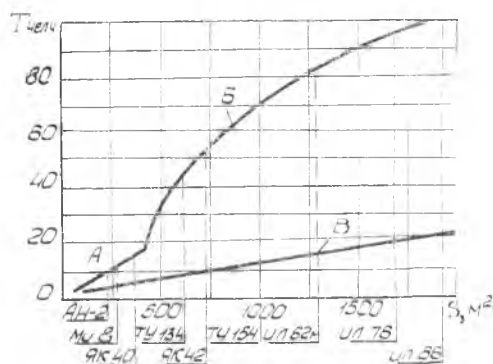


Рис. 8. Трудоёмкость ручной мойки наружной поверхности ЛА

ведена трудоёмкость ручной мойки наружной поверхности ЛА. Как видно, график трудоёмкости разбивается на два участка различной пропорциональности: участок «А» — для ЛА небольших габаритов и участок «Б» — значительных геометрических размеров. Характер потребной трудоёмкости ручной мойки зависит как от условий мойки (в основном от уровня (высоты) процесса работы мойщика), так и от изменения геометрии моющихся поверхностей. С увеличением габаритных размеров ЛА растёт и уровень высоты, на котором происходит процесс мойки, что в определенной степени сказывается на производительности работы оператора-мойщика в сторону уменьшения; увеличивается подготовительное время, необходимое для вспомогательных операций, сопутствующих процессу мойки (перемещение стремянок, маневры специальных машин и т. п.). На современных ЛА растёт количество наружных поверхностей, которые неудобно мыть вручную (закрылки, интерцепторы, различные створки и щитки, датчики и др.).

В аэропорту «Шереметьево» хронометрированием процесса мойки самолетов установлено процентное соотношение основных и вспомогательных операций, составляющих процесс в целом. В зависимости от типа обрабатываемого самолета 40...60% времени мойки у операторов-мойщиков уходит на перемещение стремянок и тары с растворами, на мойку щеток и частые окунания их в моющую жидкость, на ожидание окон-

чания маневров, выполняемых спецмашинами, при перемещении от одной зоны мойки к другой. Кроме этого, были выявлены площади, труднодоступные для ручной мойки (по отношению к полной поверхности обшивки). Они составляли: для Ил-76 и Ил-86 — 25%, ТУ-144 — 22%, Ил-62 — 21%, Ту-154 — 20%, Як-42 — 19%, Ту-134 — 18% и Як-40 — 12%.

Трудоемкость мойки ЛА резко уменьшается (рис. 8, линия «В») в зависимости от степени механизации этого процесса и эффективности применяемых мощных жидкостей.

Трудоемкость T_m в $\frac{\text{чел.}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ определяется по формуле

$$T_m = \frac{T_{\text{ц}}\Pi}{S_{\text{п}}},$$

где $T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла мойки, ч;

Π — общее количество производственных рабочих, занятых на мойке ЛА;

$S_{\text{п}}$ — площадь полной поверхности ЛА, м².

При установлении оптимальных сроков ТО существенным является назначение периодичности выполнения регламентных работ. Наиболее общими показателями эффективности ТО являются экономические критерии, но для авиационной техники они применимы только к узлам, агрегатам и системам ЛА, которые не влияют на безопасность полетов. В основном для определения периодичности обслуживания используют вероятностные методы.

Обычно процесс мойки обшивки является составной частью регламентных работ.

Оптимальная периодичность мойки наружной поверхности планера ЛА — это срок, в течение которого загрязнения обшивки не влияют на нормальную эксплуатацию планера, в том числе на его дефектоскопичность, шероховатость покрытий и опрятный вид.

В настоящее время полную или частичную мойку ЛА рекомендуют проводить через 3...15 дней в зависимости от степени загрязнения обшивки. При назначении конкретных сроков периодичности мойки необходимо иметь в виду и то, что стоимость ее приведения была сопоставима со стоимостью сэкономленного топлива (рис. 9) за счет улучшения аэродинамического качества «чистого» ЛА.

На увеличение периодичности мойки ЛА может влиять незначительная

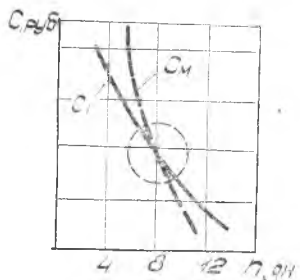


Рис. 9. Соотношение стоимостей экономленного топлива $C_{\text{т}}$ и мойки $C_{\text{м}}$ ЛА в зависимости от периодичности ее проведения n

шероховатость покрытия (до 10 мкм), в частности, применение некрашенных полированных поверхностей обшивки.

По данным ГОСНИИГА оптимальная периодичность мойки ЛА не выдерживается из-за слабой механизации этого процесса, отсутствия необходимого количества моечных площадок и ангаров (секций), а также эффективных моющих средств.

При организации технологического процесса мойки необходимо предусмотреть высокую производительность и эффективность применяемого способа мойки, улучшение условий труда и сохранение целостности покрытий ЛА.

На рис. 10 приведена схема технологического процесса меха-

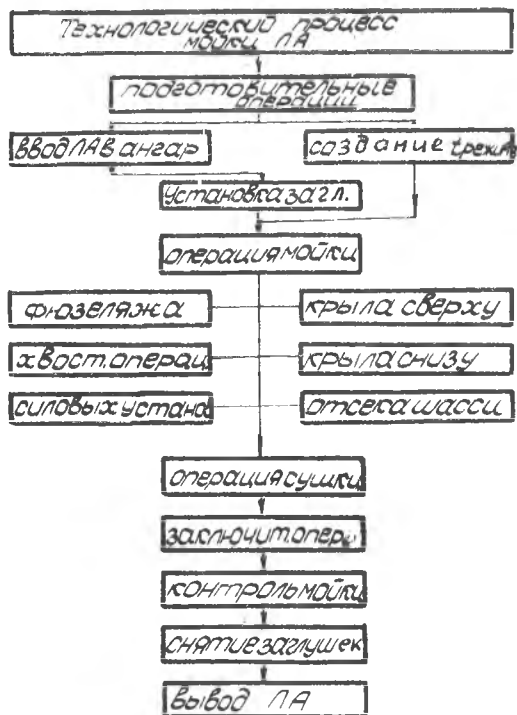


Рис. 10. Схема последовательности выполнения операций технологического процесса механизированной мойки ЛА

низированной мойки ЛА, который осуществляется в специальной моечной секции ангара.

Основными операциями, регламентирующими длительность технологического процесса, являются операции мойки и сушки

ЛА. Трудоемкость и себестоимость мойки и сушки определяются:

- уровнем механизации мойки и сушки;
- эффективностью применяемых моющих средств;
- эффективностью способа сушки обшивки.

Подготовительные операции предусматривают выполнение следующих основных работ:

открытие ворот моечной секции, ввод ЛА в ангар и закрытие ворот;

создание температурного режима внутри моечной секции; установку заглушек на силовых установках, ряда систем и их приемников (датчиков);

размещение средств механизации в исходные позиции.

После выполнения мойки и сушки проводится заключительная стадия технологического процесса, которая состоит из следующих основных работ:

контроля качества мойки;

продувки сжатым воздухом всех узлов, где может скопиться влага, и снятия всех заглушек;

приведения в исходное положение средств мойки и сушки;

открытия ворот и вывода ЛА из ангара.

Моечный ангар (секция) представляет собой довольно сложное инженерно-техническое сооружение. Экономически целесообразно их строительство для проведения периодических видов ТО в АТБ, у которых количество приписных ЛА не менее 25... ..30.

Наружную мойку ЛА, особенно в южных зонах, при небольшом количестве приписных магистральных ЛА следует производить на специализированных моечных площадках, а в зимнее время пользоваться услугами крупных АТБ.

II. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОЮЩИХ СРЕДСТВАХ

Обшивка ЛА подвергается самым различным видам загрязнений (см. табл. 1.1), поэтому для удаления нежелательных поверхностных образований ее необходимо мыть, т. е. применять определенные моющие средства (МС). Набор современных МС очень разнообразен: вода, синтетические моющие средства (СМС), кислые моющие средства (КМС), органические растворители (ОР) и растворяющие эмульгирующие средства (РЭС).

Вода с незначительной жесткостью в определенной степени является мощным средством, вода — технологический компонент почти всех МС.

СМС — как правило, многокомпонентная композиция, состоящая из ряда щелочных солей и поверхностно-активных веществ (ПАВ). Широко применяется для мойки самых разнообразных машин во время их эксплуатации и ремонта. Растворами СМС практически можно удалить любые загрязнения.

В КМС основные компоненты — органические и неорганические кислоты. Их в основном применяют для удаления ржавчины, накипи, окалины и др.

ОР применяются для очистки углеродистых отложений.

РЭС — это ОР (основа) с добавлениями ПАВ (эмильгатора), растворителей, воды и других добавок. Вода служит для растворения ПАВ и моющих добавок.

Как известно, обшивка ЛА покрывается специальными эмалями и защитными пленками, слой которых имеет незначительную толщину (0,01...0,1 мм), малую шероховатость (0,01...0,07 мм) и определенный декоративный вид (блестящую или матовую поверхность).

Первое требование к выбору МС при очистке (мойке) обшивки ЛА — его высокие моющие свойства без нарушения целостности и декоративности покрытия наружной поверхности обшивки.

Кроме этого, крайне желательными должны быть следующие основные требования:

отсутствие токсичного действия на организм человека и резкого неприятного запаха;

пожарная безопасность (высокая температура вспышки или невоспламеняемости);

возможно большая разница в плотностях применяемой жидкости и удаляемого загрязнения;

химическая и физическая стабильность в условиях применения.

На практике наиболее удовлетворяющими эти основные требования при мойке наружной обшивки ЛА являются СМС и некоторые ОР, поэтому на их классификации и механизме их действия остановимся более подробно.

В состав СМС могут входить кальцинированная сода Na_2CO_3 , метасиликат натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, соли фосфорной и полифосфорной кислоты, тринатрийфосфат, пирофосфат натрия $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, триполифосфат натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ гексаметафосфат $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ и другие ПАВ.

Кальцинированная сода представляет собой безводный угле-

кислый натрий Na_2CO_3 , выпускаемый в виде мелкого кристаллического порошка белого цвета. Применение соды основано на благоприятном влиянии ее щелочности на процесс мойки.

Растворимое стекло представляет собой метасиликат натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ в виде водного сиропообразного раствора. В технологии мойки стекло применяется как щелочный компонент водных растворов, способствующих повышению их моющей способности, коагуляции загрязнений, и как ингибитор коррозии.

Тринатрийфосфат представляет собой кристаллический порошок белого цвета, препятствует образованию нерастворимых солей Ca и Mg , смягчает воду.

Соли фосфорной и полифосфорной кислоты в основном применяются из-за того, что их растворы имеют слабую щелочную реакцию.

В состав СМС также входят вещества, обладающие свойствами оснований, например, моно- и триэтаноламины. Последний с олеиновой кислотой образует мыла.

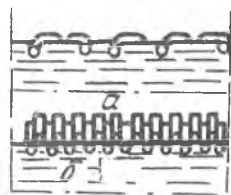
ПАВ сейчас находят широкое применение в качестве МС. Моющая способность ПАВ зависит от соотношения между гидрофильной и гидрофобной частями его молекул: она больше, чем меньше гидрофильная группа и чем длиннее углеводородный радикал.

Гидрофобные свойства молекул зависят от состава и длины углеводородной части, представляющей собой длинную цепь (радикал) и состоящей из атомов углеродов и водорода, например, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$.

Гидрофильные свойства зависят от величины и состава гидроксильных, карбоксильных, сульфогрупп и от полярности этих групп, например: $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$ и др.

В слабонасыщенном растворе ПАВ молекулы лежат почти горизонтально (рис. 11). По мере насыщения гидрофобные уг-

Рис. 11. Расположение молекул ПАВ в поверхностном слое моющей жидкости: а—ненасыщенный слой, б—насыщенный (с предельно ориентированными молекулами ПАВ)



леводородные части поднимаются с поверхности воды и занимают наклонное положение. При полном насыщении поверхностного слоя адсорбированные молекулы располагаются перпендикулярно к поверхности жидкости, причем в воду направ-

ляются только гидрофильные группы, а углеводородная часть — вертикально вверх.

В большинстве случаев ПАВ должны хорошо растворяться в воде. Только при этом условии они будут обладать большей поверхностной активностью и снижать поверхностное натяжение. С этой целью молекулярный баланс необходимо изменять в сторону большей гидрофильности.

ПАВ делятся на три основных класса: анионоактивные, катионоактивные и неионогенные.

Анионоактивные при растворении в воде диссоциируют на два иона — положительно заряженный катион и отрицательно заряженный анион.

Носителем ПАВ является анион.

Например, диссоциация олеата Na в воде



К анионоактивным ПАВ относятся большинство современных СМС, в том числе жироподобные мыла.

В зависимости от строения гидрофильной части их можно разделить на четыре основные группы:

- 1) карбоновые кислоты и их соли $RCOONa$;
- 2) алкилсульфоны и алкилсульфонаты $ROSO_3Na$;
- 3) алкил- и алкилкрилсульфонаты $R-SO_3Na$;
- 4) соединения с другими гидрофильными группами — фосфаты, фосфонаты, тиосульфаты, сульфомиды и др.

Например, стиральный порошок «Новость» — композиция, которая состоит из натриевых солей серноокислых эфиров, жирных спиртов и сульфата натрия с содержанием 40% активного натра, кроме этого, к этой группе относятся моющие средства: МЛ-72, «Прогресс» и др.

Неионогенные ПАВ не диссоциируют в водных растворах на ионы. Их молекулы проявляют поверхностную активность как целые электронейтральные единицы. Молекулы неионогенных ПАВ состоят из гидрофобной части, представляющей собой остаток молекулы амила, фенола, алкилфенола и других углеводов, и гидрофильной части, представляющей собой окись этилена.

К ним относятся ОП-7, ОП-20, ОС-20, Синтанол ДС-10 и др.

ПАВ обладают специфическими поверхностями и объемными свойствами.

Способность жидкости менять поверхностное натяжение в ту или иную сторону связана со способностью растворенных молекул накапливаться в поверхностном слое (положительная адсорбция) или, наоборот, уходить из него в объем жидкости (от-

рицательная адсорбция). Вещества, понижающие поверхностное натяжение, адсорбируются положительно (ПАВ), а вещества, повышающие его — отрицательно (поверхностно-инактивные вещества).

Поверхностное натяжение является одной из важнейших констант, характеризующей границу раздела фаз и обуславливающей протекание ряда явлений (смачивание, эмульгирование, коагуляция и др.).

В объеме раствора, где отсутствуют поверхности, на которых может происходить адсорбция, ионы ПАВ выше определенной концентрации стремятся уменьшить поверхность соприкосновения гидрофобной части с водой. Вследствие этого возникает склонность к агрегации, что приводит к соединению молекул или ионов в агрегаты-мицеллы. Концентрация, при которой происходит образование мицелл, называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ).

ККМ является одной из наиболее важных физико-химических констант, определяющих различные свойства растворов ПАВ (рис. 12). Концентрация растворов моющих средств, применяемых на практике, находится в области ККМ ПАВ или выше ее. В растворах СМС носителем поверхностной активности являются молекулы (или ионы) ПАВ. Мицеллы имеют подчиненное значение, являясь поставщиком поверхностно-активных молекул (или ионов).

Одним из характерных свойств мицеллярных растворов ПАВ является их способность растворять органические и неорганические соединения, которые практически не растворяются в воде. Это явление носит название коллоидной растворимости или солюбилизации. Например, бензол, гексан, толуол и другие углеводородные жидкости почти не растворимы в воде (не более 0,1%), а при введении в водный раствор ПАВ коллоидная растворимость увеличивается почти в 100 раз.

Специфические физико-химические свойства растворов ПАВ способствуют проявлению их технологических свойств, а именно: смачивающей, эмульгирующей и пенообразующей

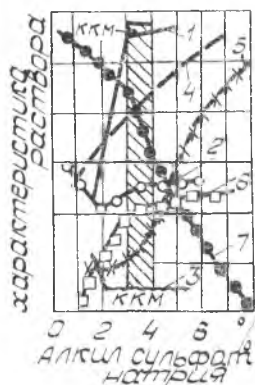


Рис. 12. Изменение свойств алкилсульфата Na при критической концентрации мицеллообразования (ККМ): 1—моющие действия, 2—поверхностное натяжение, 3—межфазное натяжение, 4—плотность, 5—проводимость, 6—осмотическое давление, 7—эквивалентная проводимость

способностей, диспергирования, пептизации и стабилизации растворов.

Наиболее ценным технологическим свойством ПАВ является их моющее действие, т. е. способность удалять загрязнения с очищаемой поверхности твердого тела.

Как было отмечено, для мойки обшивки ЛА в ограниченном ассортименте применяются органические растворители. Широкое применение ОР для мойки наружной обшивки сдерживается из-за их высокой активности на ЛКП, повышенной огнеопасности и токсичности, а также трудности регенерации и утилизации.

В основном ОР применяются для удаления лаковых и масляных пленок с ограниченной поверхностью обшивки планера, мотогондол и шасси.

2.2. СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА МОЙКИ

В начале XIX века моющее действие объяснялось гидролизом мыл — щелочи. Предполагалось, что щелочь, образующаяся при гидролизе, смывает жировые вещества, входящие в состав загрязнений, и удаляет их совместно с загрязнениями, находящимися на очищаемой поверхности.

В начале XX века многие ученые объясняли моющие действия отдельными физико-химическими свойствами моющих веществ, например, способностью растворять жироподобные вещества, эмульгированием масел и жиров в мыльных растворах, адсорбцией мыла на частицах грязи, за счет смачивания и пенообразования, а также солюбилизации и т. д.

В настоящее время моющие действия рассматриваются как проявление комплекса физико-химических свойств моющего вещества, а именно: его смачивающей, эмульгирующей, диспергирующей и стабилизирующей способностей и пенообразования. Все эти свойства в свою очередь являются результатом поверхностной активности, характерной для моющих растворов и проявляющихся в адсорбции его полярных молекул на границе раздела фаз.

Перечисленные свойства МС позволяют осуществлять процесс удаления загрязнения, в котором обычно различают три последовательные стадии: отделение загрязнений от твердой поверхности; перевод их в объем моющего раствора; предотвращение обратного осаждения загрязнений на очищаемую поверхность.

Познакомимся более подробно с механизмом моющего действия раствором СМС в зависимости от вида загрязнений поверхности.

Если поверхность обшивки ЛА покрыта загрязнениями, слабо с ней связанными (адгезионно-связанные загрязнения), то они без особого труда удаляются струей воды и слабоконцентрированным (0,3...0,5%) раствором СМС.

При действии водной струи на загрязнение происходит смачивание частиц загрязнений и подложки с образованием тонкого слоя жидкости, разделяющего контактирующие тела, что ослабляет адгезию и антогезию частиц загрязнения и облегчает стрыв их с поверхности. В дальнейшем оторвавшиеся частицы удаляются потоком жидкости с обрабатываемой поверхности. Если в воде молекулы загрязнений отходят от очищенной поверхности на ничтожно малое расстояние (до нескольких Å) и их место занимают молекулы воды, то адгезия частиц резко падает. Этот процесс резко интенсифицируется при внешнем механическом воздействии, например, ударом водяной струи, акустическими колебаниями и подобными действиями. Для удаления слабосвязанных загрязнений, например, содержащих 70...80% песчаных частиц, вполне достаточно давления воды не более 0,15...0,2 МПа, и качество мойки загрязненной поверхности существенно улучшается до напора, равного 0,3...0,4 МПа. Дальнейший рост напора не улучшает качество мойки, а даже ухудшает, так как при этом образуется пограничный слой воды на очищаемой поверхности и на ней при высыхании образуется серый налет.

Удаление водой загрязнений в виде масла, смазок, смолистых отложений и минеральных частиц с большим количеством органики (адсорбционно-связанное загрязнение) довольно трудно из-за высокого межповерхностного натяжения и прочной адсорбционной связи с твердой поверхностью.

Для увеличения эффективности удаления загрязнений этого рода обычно применяют водный раствор СМС при концентрации 0,5...1,5%. Обладая большой смачиваемостью, раствор ПАВ, а с ним и ионы электролитов проникают даже в самые узкие щели на поверхности, по которым осуществляется контакт между загрязнением, моющим раствором и очищаемой поверхностью. Затем происходит адсорбция молекул ПАВ на частицах загрязнения и очищаемой поверхности, вследствие чего ослабляется или полностью нарушается связь между очищаемой поверхностью и загрязнением.

Кроме этого, некоторые электролиты, входящие в состав МС, могут также адсорбироваться на очищаемой поверхности и частицах загрязнения и усиливать ионообменные свойства растворов. Вследствие адсорбции ПАВ и ионов электролита между частицами загрязнений и очищаемой поверхностью появляются

силы отталкивания, обусловленные взаимодействием одноименных электрических зарядов (обычно отрицательных) и гидрофильных частей адсорбированных слоев. При этом между частицами загрязнений и поверхностью возникают также силы отталкивания как проявление расклинивающего давления тонких слоев жидкости.

В результате действия сил отталкивания адгезионное взаимодействие между частицами загрязнений и поверхностью ослабевает настолько, что первые либо самопроизвольно, либо под действием механического или физико-химического воздействия переходят в раствор. Это же способствует разъединению агрегированных частиц загрязнений.

На рис. 13 показан механизм удаления загрязнений с поверхности твердого тела.

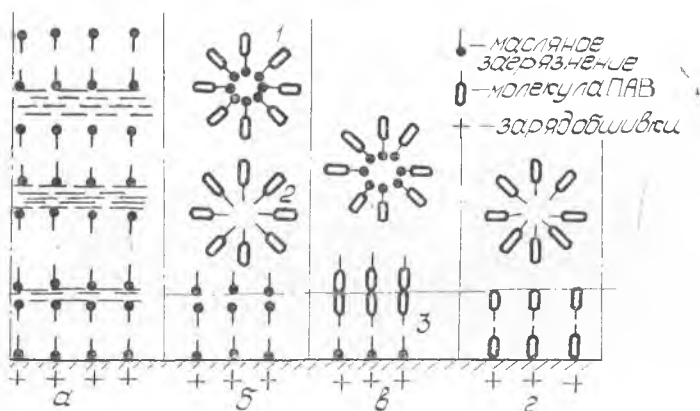


Рис. 13. Схема механизма мойки масляных загрязнений с помощью СМС: 1 — эмульсия стабилизации ПАВ, 2 — мицелла ПАВ, 3 — масляные загрязнения солицилизированных ПАВ

Он состоит из двух стадий:

уменьшения слоя масляных загрязнений;

удаления тонкой масляной пленки, удерживаемой непосредственно твердой поверхностью.

На поверхности твердого тела по различным причинам образуются кристаллообразные адсорбционные слои полярных масляных загрязнений в виде многочисленных рядов зеркально-ориентированных углеродных цепей (рис. 13, а).

Если это загрязнение представляет собой жидкое минеральное масло или его смесь с твердыми включениями, то такой ориентировочный адсорбционный слой граничит с бесструктур-

ной жидкой или пластично-вязкой массой загрязнения. Удаление этой массы должно подчиняться законам вязкого или вязкопластичного течения, что нельзя сказать об адсорбционном мультимолекулярном слое, прочно фиксированном на поверхности твердого тела.

Пристеночные граничные слои смазок или жидких масел могут содержать от нескольких единиц до 200 молекулярных рядов, состоящих из димеров полярных и неполярных длинноцепочечных молекул. Отмыв водой загрязнений с твердой поверхности всегда приводит к разрыву граничного слоя только по внутренним метильным радикалам углеродных цепей и никогда не наблюдается по поверхности «твердая фаза — граничный слой».

В водных растворах ПАВ этот процесс интенсифицируется, однако мономолекулярный слой масляного загрязнения с обшивки не удаляется.

Сейчас установлено, что димеры, образующие граничный слой на поверхности твердого тела, имеют две явно выраженные тенденции: к кристаллизации в граничном слое и к образованию сольватной оболочки. В нижних слоях димеры имеют кристаллическую структуру, в верхних слоях загрязнения ряды молекул сольватированные (рис. 13, б) и связь с твердой поверхностью ослаблена. На границе и происходит, вероятно, отделение масляных загрязнений от очищаемой поверхности. Однако, точная граница отрыва масляных загрязнений от твердой поверхности (по мономолекулярному слою или выше него) до настоящего времени остается неустановленной.

В водных растворах СМС этот процесс еще более активизируется из-за наличия в растворе анионов (или молекул) ПАВ и щелочных солей, обладающих молекулярной адсорбцией на частицах загрязнений и очищаемой поверхности. Такого рода адсорбция увеличивает общий отрицательный заряд объекта «очищаемая поверхность — загрязнение», обеспечивают удаление мономолекулярного слоя масляных загрязнений (рис. 13в,г), причем мы полагаем, что удаление мономолекулярного слоя загрязнений происходит за счет солиubilизации масляных загрязнений.

Моющие действия ПАВ достигаются при оптимальном значении ККМ. При увеличении температуры моющего раствора растет подвижность молекул масла и раствора, а поэтому увеличивается и скорость мойки.

Труднее удаляются твердые (прочносвязанные) загрязнения: лаковые пленки, нагары и т. п., которые не удаляются в раствор как эмульсии.

Физико-химическое представление о процессах диспергирования твердого тела было разработано П. А. Ребиндером и его учениками. Это представление заключается в следующем. Структура твердого тела, особенно граничного слоя загрязнений, неоднородна. Как правило, в нем наблюдаются участки, где имеются ослабленные связи между атомами и молекулами, т. е. имеются участки загрязнений, подобные структурным микро- и макротрещинам. ПАВ и ионы щелочных солей проникают в эти трещины, плотно пристают к частицам загрязнений и как бы ослабляют поверхностный слой, разрывают их взаимосвязь благодаря своим коллоидным свойствам, в первую очередь электростатическим. Трещины начинают расти, в результате чего загрязнения разрушаются. Образующиеся при этом мелкие частицы переходят в раствор и устойчиво удерживаются в нем ПАВ.

В зависимости от состава МС, концентрации и температуры его раствора диффузный адсорбционный слой молекул ПАВ и электролита, образованный на границе раздела фаз, имеет разную толщину, что определенным образом влияет как на механизм удаления загрязнения, так и на их стабилизацию в объеме раствора.

Наличие адсорбционного слоя молекул ПАВ противодействует взаимовлиянию уже оторвавшихся частиц с очищаемой поверхностью, что уменьшает возможность обратного загрязнения.

Механизм моющих действий ОР отличается от механизма мойки СМС.

Теория механизма действия ОР на растворимость загрязнений и, в конечном счете, на очистку от загрязнений поверхности твердого тела разрабатывается очень давно. Ученые не раз пытались выдвинуть и обосновать какой-либо критерий, по которому можно было бы судить о растворимости различных твердых и жидких веществ. В качестве таких критериев используется величина диэлектрической постоянной, внутреннее давление, кристаллическая структура и др. Однако на основании учета физико-химических характеристик веществ создать общий закон растворимости не удалось. И на практике все еще часто приходится пользоваться старинным правилом, гласящим, «что подобное растворяется в подобном».

При соприкосновении растворимого вещества с растворителем в результате взаимодействия их молекул происходит распределение молекул растворимого вещества (загрязнения) в массе растворителя. Это явление, однако, не является чисто физическим, так как вследствие межмолекулярного взаимодействия между растворителем и растворимым веществом происхо-

дит специфическая химическая реакция (особенно между полярными веществами), в результате которой образуются новые химические соединения, так называемые сольваты. Это соединение представляет собой частицу растворенного вещества (загрязнения), окруженную молекулами. Сольватация представляет собой то главное физико-химическое явление, которое объясняет растворимость. Чем она сильнее выражена, тем больше вещества растворяется в данном растворителе.

Растворимость вещества в растворителе зависит от большого числа различных факторов, из которых наиболее важными являются:

- температура растворителя и растворяемого вещества;
- степень измельчения растворяемого вещества;
- интенсивность поверхностного взаимодействия растворяемого вещества и растворителя;
- продолжительность их контакта;
- химический состав, молекулярная масса, полярность и др.

Как правило, с увеличением температуры, степени измельчения, продолжительности контакта и усиления поверхностного взаимодействия растворимость веществ растет. Более сложна их зависимость от химического состава растворителя и растворяемого вещества. Химическое подобие двух или большего числа веществ выражается в наличии у них однородных функциональных групп и сходной структуры молекул. Например, химически подобными являются различные химические соединения одного и того же класса — углеводов или их многочисленных производных спиртов, кислот и т. п. Однако указанное правило растворимости вполне всего соблюдается именно в пределах какого-либо одного класса веществ. Если же растворению подлежат вещества различных классов, то в этих случаях большое влияние оказывают и другие факторы, например, молекулярная масса и полярность.

При повышении молекулярной массы веществ их растворимость в одних и тех же растворителях уменьшается и наоборот. Влияние полярности и сходства химической структуры наглядно проявляется при растворении таких веществ, как растительные и минеральные (нефтяные) масла, различные смолы и др. Например, минеральная масса хорошо растворяется в сходных с ними по химической природе углеводородных растворителях, а растительные масла, содержащие оксикислоты, т. е. кислоты с гидроксильными группами, хорошо растворяются в спирте и плохо в углеводородных растворителях.

Таким образом, выбор растворителя для конкретных технических целей, в частности для мойки ЛКП обшивки, должен

производиться при строгом учете химической природы растворителя и растворяемого слоя загрязнения.

2.3. ПРИМЕНЯЕМЫЕ МОЮЩИЕ ЖИДКОСТИ

Для наружной мойки ЛА в последнее время применяют разные СМС, ОР и их композиции. Применение этих жидкостей регламентируется характером загрязнения обшивки ЛА, периодичностью мойки, а также величиной площади загрязнения и способом проведения мойки ЛА.

При полной мойке ЛА, регламентируемой ТО в настоящее время, при положительной температуре окружающего воздуха в основном применяют СМС «Аэрол» и ТМС-31-1А («Полинка»).

Аэрол (ТУ 10758 — 75) — кремообразная или пастообразная масса белого или светло-желтого цвета, следующего состава, по массе, в %:

сода кальцинированная	10 ... 15
синтетические жирные кислоты	20 ... 25
динатриевые соли моноэфиров сульфоянтарной кислоты и высших жирных спиртов (ДИС)	20 ... 30
вода	до 100

Для очистки обшивки применяется 2%-ный раствор концентрата, поставляемого промышленностью. Готовят эту смесь в два приема: вначале 2% «Аэрола» добавляют в 1/3 расчетного количества воды. Раствор невзрывоопасен, нетоксичен, не оказывает отрицательного действия на металлические и неметаллические материалы.

«Полинка» (ТУ 98 — 10951 — 79) — водный раствор ПАВ, жидкость серого цвета, специфического запаха, легколетучая, в воде растворяется полностью, следующего состава, по массе, в %:

мыло натриевое	7 ... 8
эстефан-383	5 ... 6
моноэтаноламин	9 ... 10
триэтаноламин	8 ... 10
олеиновая кислота	3 ... 4
вода	до 100

Рабочий раствор «Полинка» готовится из расчета 70 г концентрата на 1 дм³ воды.

Кроме этого, для полной или частичной мойки (при $t \geq 0^\circ\text{C}$) применяют жидкость (эмульсия 20К — М), которая состоит из следующих компонентов, по массе, в %:

вода	97
олеиновая кислота	2
моноэтаноламин	1

Данный состав смешивают в следующей последовательности. Вначале в разведенный водой моноэтаноламин постепенно добавляют расплавленную олеиновую кислоту и тщательно перемешивают до получения однородного коллоидного раствора. При использовании олеиновой кислоты сорта Б водный раствор моноэтаноламина должен иметь температуру 15...20°C и 40...50°C — для сорта В.

Иногда для косметической мойки применяют 2...3% водный раствор хозяйственного мыла или моющего средства «Триалон».

При температуре воздуха от 0—10°C для мойки ЛА применяют жидкость (подогретую до 60...70°C), которая имеет следующий состав, по массе, в %:

этиленгликоль	35
олеиновая кислота	0,5
моноэтаноламин	0,25
вода	64,25

При температуре от —10 до —25°C находит применение моющая жидкость, которая состоит из следующих компонентов, по массе, в %:

ЭАФ (эфироальдегидная фракция)	50
олеиновая кислота	0,5
моноэтаноламин	0,25
вода	49,25

При низких температурах (до —45°C) рекомендуется мойку вести жидкостью, которая составлена из следующих компонентов, по массе, в %:

ЭАФ	75
олеиновая кислота	0,5
моноэтаноламин	0,25
вода	24,25

В настоящее время проходит проверку новая низкотемпературная жидкость НТЖ-221ЭБ (разработка ВНИИПАВ), которая малотоксична, не горит и предполагается к поставке в готовой для употребления форме.

Для удаления масляных и лаковых загрязнений на небольших площадях обшивки применяют ОР: Б-70, бензин «Галоша», бензин технический, уайт-спирт.

Бензин Б-70 (ГОСТ 1012—72) — бензин прямой перегонки нефтяных нефтей с добавлением ароматиков, его также готовят на базе газоконденсата с добавлением алкилбензина.

Фракционный состав:

температура начала кипения, °C	40
10% по объему перегоняется при температуре, °C	88

50%, то же	105
90%, то же	145
97,5%, то же	180
кислотность, мг КОН/100 мл бензина	не более 1,0
иодное число, г J ₂ /100 г бензина	—»— 2,0
фактические смолы, мг/100 мл бензина	—»— 2,0
содержание серы	—»— 0,05
механические примеси и вода	отсутствуют

Бензин «Галоша» (ГОСТ 443—56) — представляет собой узкую легкокипящую фракцию бензина прямой гонки грозненской или горской нефти.

Плотность при 20°C, кг/м ³	< 730
Фракционный состав	
температура начала перегонки, °C	≥ 80
до температуры 120°C перегоняется	≥ 98%
иодное число, г J ₂ /100 г бензина	не < 0,1

Содержание:

ароматические углеводороды, по массе, в %	3
сера, по массе, в %	0,035
меркаптановая сера, водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси	отсутствуют

Бензин для промышленно-технических целей (ГОСТ 8505—57) — бензин прямой перегонки нефти, неэтилированный, без добавки ароматических углеводородов.

Фракционный состав

температура начала перегонки, °C	≥ 45
10% по объему перегоняется при температуре, °C	≤ 88
50%, то же	≤ 105
90%, то же	≤ 145
97,5%, то же	≤ 170
остаток, по массе, в %	1
иодное число, г J ₂ /100 г бензина	2
кислотность, мг КОН/100 мл бензина	0,6

Содержание:

сера, по массе, в %	0,025
фактические смолы, мг/100 мл бензина	2
механические примеси, ТЭС, водорастворимые кислоты и щелочи	отсутствуют

Уайт-спирт (ГОСТ 3134—52) — бензин прямой перегонки.

Плотность при 20°C, кг/м ³	< 795
---------------------------------------	-------

Фракционный состав:

температура начала перегонки, в °C	≤ 165
до температуры 200°C перегоняется, объем, в %	≤ 98
температура вспышки в закрытом тигле, °C	≤ 33

Содержание, по массе, в %:

ароматические углеводороды	≤ 16
сера	≤ 0,25
водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и вода	отсутствуют

У нас, а в особенности за рубежом, находят применение композиции СМС и ОР, например:

щелочной очиститель	7,5%
уайт-спирт	7,5%
вода	85%

Английская фирма «Адрокс ЛТд» разработала и поставляет авиакомпаниям очиститель «Адрокс-632», состоящий из концентрированной смеси ОР и ПАВ. Это средство применяется для удаления следов дымного выхлопа, окисленных или смолистых отложений на обшивке ЛА. Очиститель наносится на поверхность путем разбрызгивания или щетками. В сочетании с моющим средством на водной основе или разбавленный в воде в соотношении 1 : 4 очиститель используется для мойки отдельных мест обшивки.

III. ПРОЦЕССЫ НАРУЖНОЙ МОЙКИ ЛА

Мойка наружных поверхностей ЛА является основной и обязательной частью ТО летательных аппаратов, так как в конечном счете она влияет на ряд эксплуатационных и экономических характеристик ЛА.

Обязательное условие процесса наружной мойки обшивки ЛА — соблюдение ряда требований, из которых главным является недопустимость повреждения ЛКП.

Как известно, под влиянием солнечной радиации, перепада температур окружающего воздуха, вибрации и других причин любое полимерное ЛКП со временем стареет. Эксплуатационная стойкость ЛКП может значительно ухудшиться, если в процессе мойки это покрытие будет подвергаться дополнительному, искусственному воздействию, т. е. воздействию, связанному с удалением загрязнений с ЛКП обшивки.

В процессе мойки за счет механического, химического и других воздействий на ЛКП происходит в какой-то степени потеря массы пленки, а следовательно, ее утонение. Однако более опасно образование в теле пленки ЛКП микро- и макрорисок, трещин и других видов механических повреждений, которые значительно снижают защитные свойства ЛКП. В этом случае уменьшается долговечность пленки ЛКП, которая характеризу-

ется запасом ее прочности $n = \sigma_p / \sigma_v$, где σ_p — предел прочности пленки, σ_v — внутреннее напряжение.

Как видно, уменьшение предела прочности σ_p при одном и том же внутреннем напряжении ($\sigma_v = \text{const}$) приводит к уменьшению запаса долговечности пленки.

Выполнение условия долговечности и сохранности пленки ЛКП обуславливает довольно узкий выбор способов мойки наружной обшивки ЛА.

Первоочередность долговечности и сохранности ЛКП при применении определенного способа мойки ЛА должно сочетаться с ее высокой производительностью и соблюдением правил техники безопасности, промышленной санитарии и пожаробезопасности.

3.1. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ МОЙКИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛА

В настоящее время наибольшее распространение нашли следующие способы мойки наружных поверхностей ЛА: механический (с помощью щеток), струйный и комбинированный.

3.1.1. Механический способ (химико-механический)

В подразделениях ГА широко применяют мойку ЛА с помощью щеток в сочетании с моющими жидкостями.

Опыт эксплуатации и экспериментальных исследований работы щеток в качестве рабочего органа моечных машин показал, что эффективность работы зависит от особенностей его конструкции и трех основных параметров работы щеток: скоростей перемещения $v_{щ}$ и вращения v_v , а также усилия прижатия щетки $P_{щ}$.

Под оптимальным режимом работы щетки понимают такие предельные значения скоростей вращения и перемещения ее по обрабатываемой поверхности и такую силу прижатия ее к этой поверхности, при которых ЛКП получает наименьшее повреждение, хорошо очищает от загрязнения и которые выбираются исходя из совокупности геометрических, кинематических и динамических параметров самой щетки и физико-механического состояния ЛКП обрабатываемой поверхности.

В отечественных моечных устройствах в основном применяют щетки с ворсом, состоящим из синтетических моноволокон. Основную группу таких моноволокон составляют полиамидные, к числу которых относятся моноволокна из капрона, калиброванное моноволокно «Лавсан», полипропиленовое моноволокно, щетина из амидного моноволокна и другие. Синтетические мо-

новолокна не впитывают влагу, не гниют и обладают высокой механической прочностью. Они устойчивы к истиранию и к действию многократных деформаций, в чем превосходят все натуральные волокна.

Зарубежные фирмы широко используют для щеток специальную щетину из полиэтилена.

Для мойки ЛА обычно используют моноволокна из полиамида, имеющие длину 200...300 мм и толщину порядка 0,2...0,4 мм.

Экспериментальными исследованиями установлено, что между геометрическими параметрами капроновых волокон и скоростью вращения v_B щетки, при которой пленка ЛКП не получает заметного повреждения, существует определенная зависимость:

$$v_B = 3,14(0,8 - d_B) \sqrt{\lambda}, \quad (3.1)$$

где d_B — диаметр поперечного сечения ворса, мм;

$\lambda = l_B/d_B$ — удлинение ворса;

l_B — длина нитей ворса, мм.

На основании зависимости (3.1) можно определить частоту вращения барабана щетки $n_{щ}$ в об/мин:

$$n_{щ} = 10000v_B/r_б + l_B,$$

где $r_б$ — радиус барабана.

Скорость перемещения щетки $v_{щ}$ также назначается из условия неповреждаемости ЛКП. При этом надо иметь в виду, что ворс равномерно вращающейся щетки в зоне контакта В (рис. 14) с обрабатываемой поверхностью находится в неравномерном движении. В точке D кинетическая энергия ворса мгновенно расходуется на энергию удара концов ворса о поверхность, а также изгиб нитей ворса и сообщает им поперечные колебания. Аналогичное колебательное движение нити ворса совершают в зоне Г, когда они под действием внутренних упругих сил центральной силы принимают прямолинейную форму.

После первоначального удара нитей ворса по поверхности их скорость уменьшается, а затем начинает опять возрастать. Происходит так называемая «мягкая накатка». При этом каж-

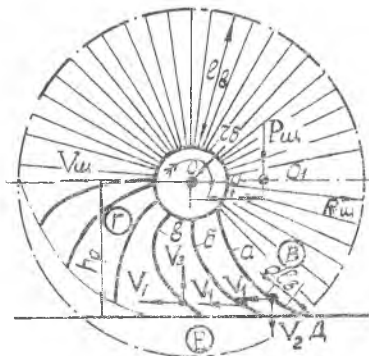


Рис. 14. Зоны перемещения ворса в плоскости вращения щетки

дый элемент dl_b движется со скоростями v_1 и v_2 . Когда нити ворса занимают положение б, то скорость $v_2 = 0$, а элемент dl_b приобретает некоторую мгновенную горизонтальную скорость $v_1' > v_1$. В промежутке между положениями в и б вновь появляется вертикальная скорость v_2 , но уже с обратным знаком. Эта скорость для интенсивного подъема вверх корневой части пучка ворса, заделанной в барабане, создает дополнительное перемещение, т. е. в зоне Е скорость перемещения ворса по ЛКП больше скорости $v_{щ}$. Кроме этого, в зоне Е возникает наибольшая сила давления нитей ворса на обрабатываемую поверхность. Следовательно, в этой зоне формируется наибольшее количество царапин и риск.

Экспериментально установлено, что для ЛКП ЛА (с подачей 2%-ного водного раствора «Аэрол») скорость перемещения щетки в м/с не должна превышать:

$$v_{щ} = 0,83v_b^{-1}.$$

Характер распределения давления ворса сейчас недостаточно изучен, однако эксперименты показали, что в какой-то степени давление ворса можно характеризовать степенью усадки щетки h_p под действием прижимающей силы $P_{щ}$. Оптимальное значение h_p должно быть

$$h_p = r_6 + 0,55l_b.$$

С уменьшением h_p увеличивается «жесткость» контакта с ЛКП, что приводит к появлению риск и царапин на обрабатываемой поверхности. Также установлено, что при значении $h_p < r_6 + 0,4l_b$ и $d_b \geq 0,25$ мм появляются вибрационные нагрузки, частота которых возрастает по мере увеличения частоты вращения щетки.

Если же щетка в процессе работы будет сохранять постоянное расчетное значение $h_p \pm 5...7\%$, то механическая щетка обеспечит полное удаление загрязнения и сохранность ЛКП.

Точку приложения усилия прижатия можно определить по экспериментальной зависимости (рис. 15) вида $R_{щ}/r_6 = f(h_p/c)$, по которой, зная радиус барабана r_6 и радиус щетки $R_{щ} = r_6 + l_b$ и определив h_p , легко найти для определенной кон-

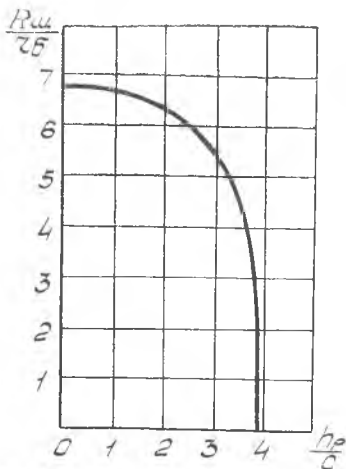


Рис. 15. Экспериментальная зависимость $R_{щ}/r_6 = f(h_p/c)$

струкции щетки среднее значение расстояния «С» от вертикальной оси вращения щетки до точки приложения прижимающей силы.

При мойке ЛА с помощью щеток необходимо предусмотреть схему перемещения щетки по обшивке ЛА, что, в конечном счете, будет сказываться на конструктивных особенностях моечной машины.

Для мойки ЛА необходимы подвижные, маневровые моечные машины, у которых рабочий орган — механическая щетка — должна быть одинаково пригодна для мойки вертикальных и горизонтальных поверхностей обшивки. Конструктивная сложность такой машины будет зависеть от выбранной схемы перемещения щетки по фюзеляжу, крылу, оперениям и другим узлам ЛА.

На рис. 16 на схеме «А» показано перемещение щетки в плоскости поперечного сечения фюзеляжа. При такой схеме мой-

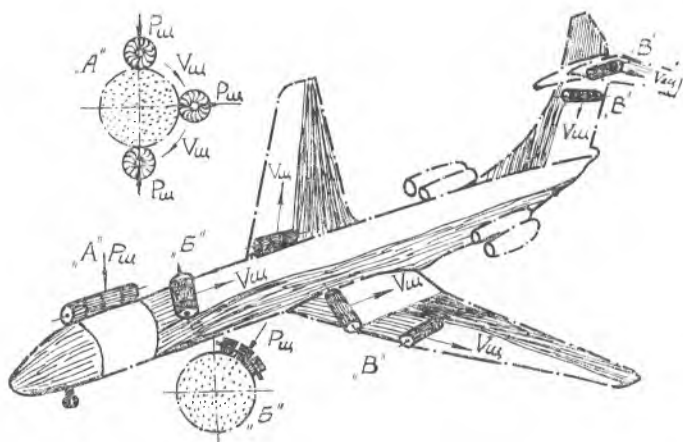


Рис. 16. Схемы перемещения механической щетки при мойке ЛА

ки моечная машина неподвижна, а щетки находятся в сложном криволинейном движении. Сила прижатия щетки $P_{щ}$, оставаясь постоянной по величине за один цикл мойки, т. е. за один проход сверху вниз, должна поменять свое направление на 180° при одновременном перемещении щетки в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Эксперименты показали, что при обработке по схеме «А» поверхностей, у которых радиус кривизны

$R_n < 3l_B$, величина $P_{щ}$ уменьшается по мере уменьшения R_n , т. е. в этом случае необходим сложный механизм прижатия. Кроме этого, мойка по схеме «А» сложна из-за частых непроизводительных перемещений моечной машины из одного положения в другое.

Мойка по схемам «Б» и «В» более предпочтительна, так как $P_{щ}$ мало меняется и необходимо меньше непроизводительных перемещений моечной машины.

У современных ЛА, поверхности у которых $R_n < 3l_B$, $P_{щ}$ составляет примерно 10...15% от всей поверхности обшивки. В основном это мотогондолы, гондолы шасси, передние кромки крыльев и оперения, небольшие участки в носовой и хвостовой части фюзеляжа.

Цилиндрические щетки, разделенные на отдельные секции, шарнирно связанные друг с другом, при обработке поверхностей обшивки ЛА по схемам «Б» и «В» облегчат удаление загрязнений с указанных частей планера за счет большой длины ворса и его упругих свойств.

Для поверхностей обшивки вертолетов применима только мойка по схемам «Б» и «В».

В настоящее время механизированная мойка с помощью щеток обеспечивает примерно 80...85% всей наружной поверхности ЛА. Остальную часть поверхности составляют стойки и гондолы шасси, мотогондолы, различные зализы и полости фюзеляжа, несущих и хвостовых поверхностей ЛА. Эти поверхности плохо доступны для моечных машин, оснащенных большими щетками, и требуют для мойки применения ручного труда, т. е. применения ручных механических щеток и ветоши.

Основным недостатком механического способа мойки ЛА является значительная сложность конструкции рабочего органа (щетке) и систем его оптимального управления как при механизированном, так и при ручном характере мойки ЛА. При применении ручных механических (и немеханических) щеток большое значение имеет масса щеточного механизма, которая ограничивает производительность мойки вследствие утомляемости рук оператора-мойщика (рис. 17),

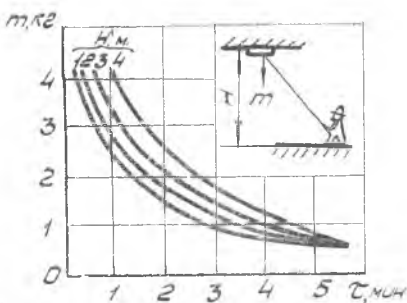


Рис. 17. Время, в течение которого наступает полное утомление рук мойщика (в зависимости от высоты H и массы m щетки на конце штанги длиной 2 м)

В настоящее время производительность мойки ЛА с помощью механизированных машинных щеток не превышает 350...400 м²/ч.

Средняя производительность мойки с помощью ручных щеток составляет 3,5...4 м²/мин.

Моющая жидкость подается в район контакта ворса щеток с обрабатываемой поверхностью. Расход жидкости определяется особенностями конструкции щеток и степенью загрязнения обшивки, находясь в пределах 0,3...0,5 кг/м².

3.1.2. Струйный способ (физико-химико-механический)

Этот способ мойки обшивки ЛА характеризуется высоким уровнем возбуждения жидкости и комплексным механизмом удаления загрязнения. Моющая жидкость разрушает загрязнения, размягчает и переводит их в дисперсную среду с отводом в специальный коллектор с последующей регенерацией.

Для мойки ЛА обычно применяют струи под давлением до 1,0 МПа.

Изучение механики процесса распада непрерывных струй низкого давления позволило установить, что поверхность струи, выходящей из отверстия, подвергается малым возмущениям (на рис. 18, участок l_0). Эти возмущения возникают вследствие

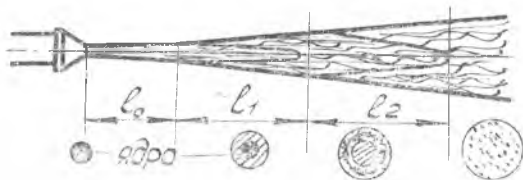


Рис. 18. Структура струи, истекающей из круглого насадка

вихревого движения жидкости, создаваемого трением, колебаниями самого отверстия и отклонениями его от правильной круглой формы, наличием в струе твердых механических частиц и пузырьков воздуха, шероховатости стенок сопла и др. Под действием этих причин поверхность струи деформируется и отклоняется от равновесной формы. Увеличение свободной энергии поверхности, вызванное подобной деформацией, приводит к появлению капиллярных сил, которые стремятся сократить общую поверхность струи и придать ей равновесную форму. В результате таких перемещений частиц жидкости на поверхности струи возникают волновые колебания. По мере удаления от насадка (участок l_1) амплитуда волны возрастает до такого давления, при котором кинетическая энергия отдельных капель становится

ся больше сил поверхностного натяжения и отдельные капли начинают срываться с поверхности струи. Начиная с места отрыва капля (конец участка l_0), в струе выделяется наиболее плотная часть потока — ядро, диаметр которого по мере удаления от насадки уменьшится до нуля (конец участка l_1). Участок струи l_2 характеризуется уже капельной структурой.

Моющая способность струи зависит от следующих основных параметров: начального давления (начальной скорости истечения), силы действия струи на преграду, а также закона ее изменения с удалением преграды от насадки. Передача давления струи на поверхность обшивки происходит на участке растекания (рис. 18). Поверхность обшивки заставляет струю растекаться по ней, меняя свое направление на 90° и действуя на нее с реактивной силой R .

На основании закона количества движения определим единственный импульс силы:

$$Rdt = m(v_1 - v_0)dt = \rho Q(v_1 - v_0)dt,$$

т. к. $v_1 = 0$,

то

$$R = -\rho Q v_0, \quad (3.2)$$

где ρ — плотность жидкости, Q — объемный расход потока, v_0 — средняя скорость на выходе из насадки.

Если иметь в виду, что $Q = Fv_0$, где F — поперечное сечение струи, то выражение (3.2) будет

$$R = -\rho Fv_0^2. \quad (3.3)$$

Из выражения (3.3) следует, что сила воздействия струи на преграду P равна по величине, но противоположна по знаку силе реакции R , $P = -R$.

Таким образом, если препятствием служит плоская стенка (обшивка), поперечные размеры которой в несколько раз превосходят сечение струи, сила давления равна $R = \rho Fv_0^2$.

На рис. 19 приведены наиболее часто встречающиеся конфигурации обшивки ЛА и уравнения, по которым вычисляется давление струи на соответствующую поверхность.

Величина давления струи зависит от расстояния до преграды (рис. 20). С увеличением расстояния струя рассеивается и давление уменьшается.

Учитывая многообразие факторов, влияющих на силу удара (давление) струи на поверхность, было получено уравнение для определения силы давления в общем виде:

$$P = f(v_0; d_n; \rho_1; \mu_1; \sigma; \rho_2; \mu_2; L; S),$$

где v_0 — скорость истечения из насадка; d_n — диаметр отвер-

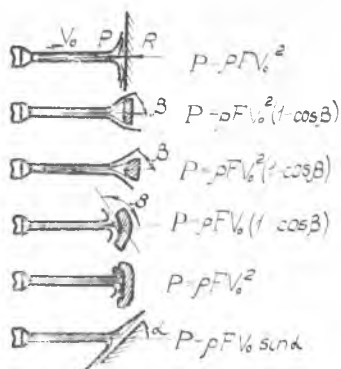


Рис. 19. Взаимодействие струи жидкости с неподвижной преградой

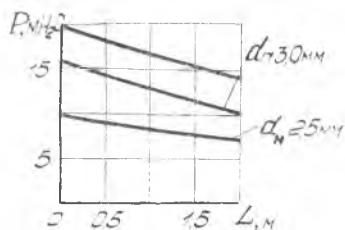


Рис. 20. Изменение силы давления по длине водной струи

стия насадка, ρ_1 — плотность вещества струи; μ_1 — вязкость вещества струи; σ — поверхностное натяжение вещества струи; ρ_2 — плотность окружающей среды; μ_2 — вязкость среды; L — расстояние от выходного сечения насадка до поверхности; S — размер преграды.

Анализ опытных данных позволяет выявить следующие эмпирические зависимости для определения силы давления P и расстояния L :

для начального участка — l_0 (см. рис. 18):

$$P_0 = 1,56 p_0^{0,95} d_c^{1,8} L^{0,06}, \quad L_0 = 189 \frac{d_c^{0,54}}{p_0^{0,15}};$$

для основного участка — l_1 :

$$P_1 = \frac{4,15 p_0^{0,93} d_c^{1,72}}{L^{0,1}}, \quad L_1 = 463 p_0^{0,14} d_c^{0,44};$$

для конечного участка — l_2 :

$$P_2 = 1050 \frac{p_0^{0,98} d_c^{2,36}}{L},$$

где p_0 — давление на выходе из сопла насадки, d_c — диаметр струи в данном сечении.

По другим экспериментальным данным для диаметра насадка $d_n = 2,5 \dots 3,5$ мм сила удара (давления) равна

$$P_L = (48d_n - 0,1) H_0^{1-80} d_n (1 - 0,13L) - 0,4L,$$

где d_n — диаметр отверстия насадка, м; H_0 — напор воды, мН₂O; L — расстояние от насадка до преграды, м.

Очевидно, что сила давления (сила удара) струи разрушает хрупкие, малопластичные загрязнения в том случае, когда струя вызывает в этих загрязнениях такие нормальные напряжения, которые значительно превышают предел прочности загрязнения на сжатие. Разрыв загрязнения и удаление его с обрабатываемой поверхности происходит за счет касательных напряжений, которые обусловлены силами сопротивления движению моющей жидкости, силами трения растекающейся струи о поверхность преграды.

Из гидродинамики известно, что напряжение сил трения струи определяется по формуле

$$\tau_{\Sigma} = \tau_1 + \tau_2 = \mu \frac{dv}{dy} + \rho l^2 \frac{dv}{dy}, \quad (3.4)$$

где μ — динамическая вязкость жидкости; ρ — ее плотность; dv/dy — градиент скорости в направлении, перпендикулярном течению струи; l — некоторая длина, называемая длиной пути перемещения жидкости, т. е. длина наибольшей турбулизации растекающейся струи.

В формуле (3.4) $\tau_1 = \mu (dv/dy)$ представляет собой вязкое напряжение растекающейся струи, $\tau_2 = \rho l^2 (dv/dy)^2$ учитывает инерционное напряжение, возникающее в турбулентном потоке в результате перемещения жидкости. При ламинарном течении жидкости $l = 0$, $\tau_2 = 0$; при турбулентном режиме τ_2 резко возрастает, а $\tau_1 \approx 0$.

Из экспериментальных данных (рис. 20, 21) видно, что с удалением насадка от обрабатываемой поверхности наблюдается уменьшение осевого давления, а эпюра распределения давления (рис. 22) принимает более пологий вид. При этом площадь отмыва увеличивается. Это происходит из-за взаимодействия струи с воздухом, в результате чего струя тормозится и расширяется, приводя к уменьшению и более равномерному распределению осевого давления по обрабатываемой поверхности.

Однако те же исследования показали, что касательные напряжения, создаваемые растекающим потоком струи, увеличивают зону отмыва от загрязнения в 2...2,5 раза.

На рис. 23 показано изменение касательных напряжений с удалением от центра струи для насадка, расположенного от исследуемой поверхности на различных расстояниях. На кривых касательных напряжений имеется точка перегиба А, от которой уменьшение напряжений идет более интенсивно и которая выделяет зону эффективных касательных напряжений, равную 5 начальным диаметрам струи, вытекающей из насадка,

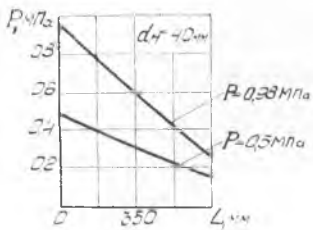


Рис. 21. Изменение осевых давлений струи с удалением насадка от поверхности

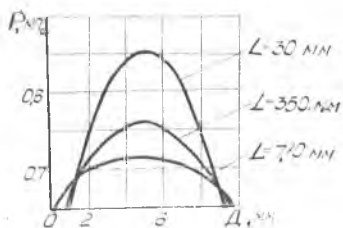


Рис. 22. Эпюра распределения нормальных давлений

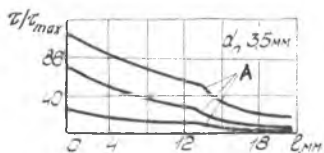


Рис. 23. Изменение касательных напряжений с удалением от центра струи

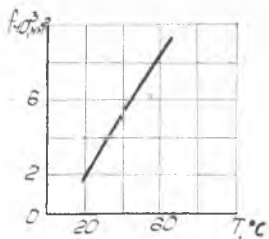


Рис. 24. Влияние температуры моющей жидкости на эффективность мойки

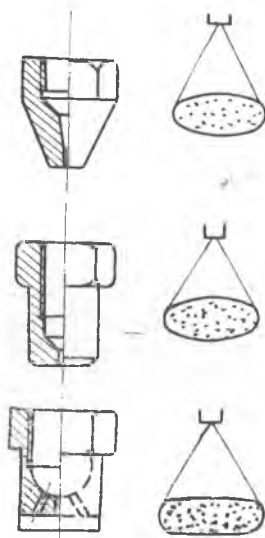


Рис. 25. Виды насадок (форсунок) для мойки обшивки ЛА и их форма поля орошения

Эффективность мойки зависит не только от параметров струи, но и от характера физико-химических свойств загрязнения и вещества струи.

Существенное влияние на эффективность мойки оказывает температура моющей жидкости, которая уменьшает силы адгезии загрязнений с поверхностью обшивки и способствует более интенсивному их переходу в дисперсное состояние, а следовательно, к увеличению площади мойки обрабатываемой поверхности. Из рис. 24 следует, что увеличение температуры жидкости в два раза может привести к росту площади отмыва в 4 и более раз.

При этом способе мойки обшивки ЛА применяют различные виды насадок (рис. 25). Форсунки изготавливают из коррозионно-стойких металлов или капрона, а их различная форма обеспечивает разные виды моющей струи.

Производительность мойки одиночной форсункой в зависимости от ее выходного диаметра ($d_n = 2 \dots 4$ мм) не превышает $1 \dots 2 \text{ м}^2/\text{мин}$ (при давлении струи до 1 МПа).

Струйный способ мойки обшивки ЛА довольно перспективен по простоте и менее вредному воздействию на ЛКП обшивки, однако по производительности уступает механическому способу.

Применение струй более значительных давлений (например до $2 \dots 5$ МПа) сдерживается опасностью повреждения ЛКП.

3.1.3. Комбинированный способ

К комбинированному способу мойки поверхностей можно отнести способы, в которых или совмещаются два основных способа (механический и струйный), или один из них подвергается интенсификации.

Наиболее перспективным сейчас является вихревой способ мойки, разработанный в Куйбышевском авиационном институте совместно с ГосНИИГА.

В этом способе в замкнутом объеме поверхности обшивки производится вихревыми потоками воздуха, в который вводится моющая жидкость, и механической щеткой.

Основным рабочим органом здесь служит вихревая моющая головка (ВМГ), содержащая корпус 1 (рис. 26), в кольцевом пазу которого установлено уплотнение 2. Оно выполняется из

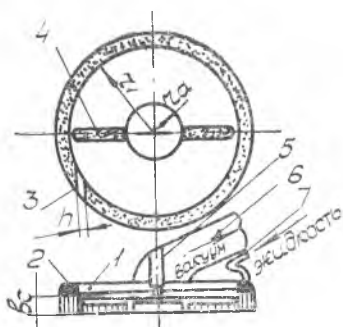


Рис. 26. Вихревая моющая головка (ВМГ)

щетины или резины. Сверху к коллектору уплотнения из специальной трубки моющая жидкость подается на наружный торец уплотнения. В нем прорезаны тангенциальные каналы 3. В верхней части корпуса расположено осевое отверстие, которое соединено с патрубком 6 отвода воздуха и продуктов мойки из внутренней полости ВМГ. На укрепленной на корпусе с помощью перемычек втулке 5 установлена свободно вращающаяся на своей оси щетка-активатор 4. Для функционирования ВМГ патрубок 6 соединен гибким шлангом с источником вакуума, а трубка 7 — с системой подачи моющей жидкости.

При наложении ВМГ на моющую поверхность в ее рабочей внутренней полости создается вакуум и воздух из окружающей среды с высокой скоростью (до 100 м/с) втекает в нее через тангенциальные каналы, образуя интенсивный круговой поток, текущий по спирали к центру осевого отверстия корпуса головки. За счет кругового движения в рабочей полости ВМГ создается заметный радиальный градиент статического давления, приводящий к интенсивному радиально-круговому течению пограничного слоя, возникающего на моющей поверхности.

При подаче моющей жидкости в полость кольцевого паза она за счет капиллярных сил поступает вдоль щетины (или по специальным каналам в резиновом уплотнении) на обрабатываемую поверхность и течет в виде жидкого пограничного слоя этой поверхности по спиральному пути к оси, в приосевой области воздушный поток разрушает этот слой и в виде капель уносит в патрубок вакуумной магистрали.

Дополнительное механическое воздействие на моющую поверхность осуществляется щеткой-активатором 4, которая увлекается круговым потоком и, вращаясь с высокой скоростью (до 10000 об/мин), интенсивно очищает обрабатываемую поверхность.

За счет возникающего в рабочей полости вакуума корпус ВМГ через уплотнение прижимается к моющей поверхности и требует только усилия для ее перемещения.

Зная, что в рабочей полости ВМГ имеет место организованное круговое движение с умеренными скоростями течения (до 100 м/с), можно установить ряд оптимальных геометрических соотношений и термодинамических параметров.

Например, статическое давление по радиусу можно подсчитать по следующему выражению:

$$p \approx p_1^* - \frac{\rho v_\tau^2}{2},$$

где p_1^* — полное атмосферное давление, ρ — плотность воздуха, v_τ — тангенциальная составляющая скорость по радиусу.

Давление на выходе из ВМГ (при $r = r_a$; $p = p_a$)

$$p_a = p_1^* - \frac{\rho v_{1a}^2}{2}$$

Скорость на выходе из ВМГ

$$v_{1a} = \sqrt{\frac{2 \Delta p_0}{\rho}}$$

где $\Delta p_a = p_1^* - p_a$ — располагаемый перепад давления.

Скорость истечения воздуха через тангенциальные каналы

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \Delta p_0 \bar{r}_0}{\rho}}$$

где $r_0 = r_a/r_1$.

Распад газа через каналы ВМГ $G = b_c h_{\Sigma} \rho v_1$,

где b_c — осевая высота канала, h_{Σ} — суммарная ширина каналов (по окружности).

Усилie прижатия ВМГ к моющей поверхности

$$F = 3,14 r_1^2 r_a^{-2} \Delta p_0 \left(21n \frac{1}{r_a} + 1 \right).$$

Полное время пребывания элемента газа в ВМГ

$$\tau_a = \frac{r_1 (1 - \bar{r}_a^2)}{2v_1 \cos \alpha}, \quad (3.5)$$

где α — угол наклона вектора скорости \bar{v}_1 .

Из выражения (3.5) следует, что изменением скорости воздушного потока v_1 можно влиять на время пребывания моющей жидкости на обрабатываемой поверхности, а так как v_1 в основном зависит только от перепада давления Δp (при определенных размерах и геометрии ВМГ), который является основной движущей силой перемещения жидкости, можно влиять и на эффективность мойки.

На рис. 27 приведена экспериментальная зависимость тангенциальной скорости v_{Σ} от относительного радиуса ВМГ \bar{r} . Она увеличивается в направлении от периферии к оси ВМГ, а характер изменения v_{Σ} соответствует расчетному графику (кривая 4).

Производительность мойки с помощью одной ВМГ составляет до 1,2...4 м²/мин (в зависимости от диаметра головки и кривизны обрабатываемой поверхности).

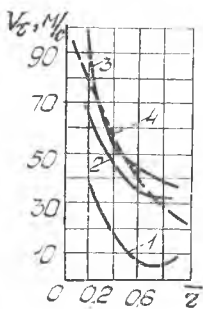


Рис. 27. Распределение тангенциальной скорости по радиусу ВМГ (1, 2, 3 — экспериментальные кривые, 4 — расчетная кривая)

Основным преимуществом вихревого способа мойки является не только вполне приемлемая производительность, но также возможность обработки обшивки ЛА по безотходной технологии, при которой значительно улучшаются условия труда операторов-мойщиков.

Работу ВМГ обеспечивает энергетический агрегат (см. разд. 3.2), содержащий емкость с моющей жидкостью, систему вакуумирования, систему подачи рабочей жидкости, систему сепарирования жидких продуктов мойки и их сбора.

Другим комбинированным способом мойки обшивки является так называемый гидропневмоакустический, в котором на поток сжатого воздуха накладываются акустические колебания и в этот возбужденный воздушный поток вводится моющая жидкость. Мойка загрязненной поверхности производится не только струей сжатого воздуха совместно с потоком моющей жидкости, но и за счет упругих колебаний, которые дополнительно воздействуют на пленку загрязнений.

Для осуществления этого способа в Куйбышевском авиационном институте разработана форсунка (рис. 28), которая представляет из себя маломощный акустический излучатель с расходом воздуха порядка 0,01...0,03 кг/с. Основными элементами форсунки является наконечник 1 и корпус резонатора 2. Моющая жидкость подается через штуцер 3 в кольцевое пространство между внешним корпусом 4 и корпусом резонатора 2, воздух (пар) — во внутренний канал корпуса 2, затем в рабочую часть резонатора, создаваемую наконечником 1 и кольцевой полостью, проточенной в корпусе резонатора (полость резонатора).

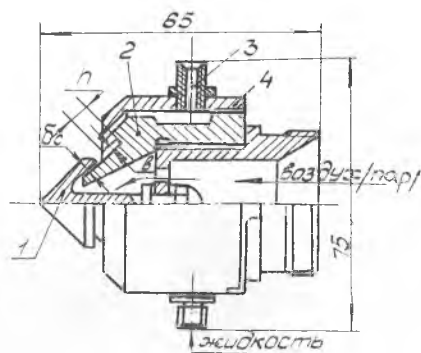


Рис. 28. Пневмогидроакустическая форсунка (ПГАФ-2)

Согласно одной из гипотез истечения сжатого газа акустического излучателя, взаимодействие постоянно существующего потока воздуха и периодически действующего его потока приводит к пульсации газа между резонатором и скачком уплотнения, одновременно с этим имеет место осцилляция скачка уплотнения. Моющая жидкость при выходе из кольцевой щели приобретает капельную структуру в результате совместного действия ударных акустических волн, образующихся при работе газо-

струйного излучателя, и пневматического распыла потоками газа.

Экспериментальные исследования показали, что интенсивность мойки здесь зависит от ряда геометрических размеров резонатора (δ_c — зазора между наконечником 1 и корпусом 2; b — ширины капельки резонатора; h — глубины канавки и др.), давления воздуха p_n ; расстояния от форсунки до моющей поверхности L , а также расхода моющей жидкости и ее химического состава.

На рис. 29 приводится зависимость частоты колебаний f и звукового давления W в зависимости от значения зазора δ_c . Из

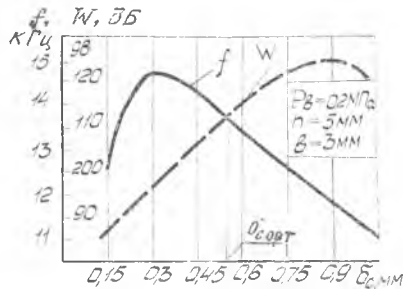


Рис. 29. Зависимость частоты колебаний f и звукового давления W от величины зазора δ_c

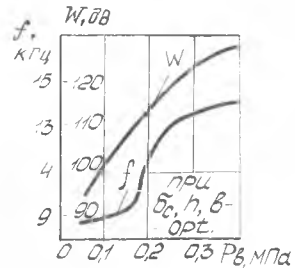


Рис. 30. Зависимость частоты колебаний f и звукового давления W от давления воздуха p_n

него видно, что для интенсификации мойки необходимо иметь такой оптимальный $\delta_{c\text{opt}}$, при котором одновременно будет максимальное значение f_{max} и W_{max} .

Из рис. 30 следует, что с увеличением давления воздуха p_n частота колебаний f и звуковое давление W растут, а затем почти не изменяются. Из этой зависимости видно, что повышение давления воздуха более 0,3...0,35 МПа при данных геометрических параметрах форсунки нерационально.

Оптимальное расстояние L от форсунки до обрабатываемой поверхности находится в пределах 100...120 мм. С увеличением этого размера от L_{opt} площадь обрабатываемой поверхности хотя и растет, но резко уменьшается эффективность мойки.

Дисперсный состав жидкости характеризуется значительным утонением по мере повышения частоты и уменьшением расхода моющей жидкости (рис. 31). Данное качество акустической форсунки весьма привлекательно при использовании ее для нанесения антиобледенительной жидкости на несущие поверхности ЛА.

Производительность мойки для приведенных форсунок составляет 2...4 м²/мин в зависимости от степени загрязненности

обшивки и качества моющей жидкости. Эффективность мойки с помощью этой форсунки сопоставлена с эффектом ручной мойки.

Из анализа производительности основных комбинированных способов мойки ЛА следует, что по этому параметру все способы примерно одинаковы, т. е. их производительность в зависимости от загрязнений поверхности составляет $2...5 \text{ м}^2/\text{мин}$. По условиям обеспечения гигиены труда и чистоты окружающей среды предпочтительным является вихревой способ, при котором почти отсутствует разбрызгивание моющей жидкости и упрощена система ее сбора и регенерации.

Для полной автоматизации процесса мойки крупногабаритных летательных аппаратов предпочтительней выглядят струйно-щеточный и гидропневмоакустический способы, так как при их применении возможна эффективная мойка сложных поверхностей ЛА.

Для значительного увеличения производительности мойки обшивки ЛА необходима разработка комбинированных способов, при которых возможно получить большую силу трения газожидкостного потока о поверхность обшивки, причем важным является использование эффективных моющих средств, когда энергия воздушных струй способствовала бы только выносу загрязнений с места мойки.

3.2. РУЧНАЯ МОЙКА ОБШИВКИ ЛА И ЕЕ МАЛАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ

Как отмечалось, в принципе, мойка — это процесс проникновения моющей жидкости сквозь пленку загрязнения к поверхности ЛКП обшивки, растворение загрязнений, образование эмульсий с жидкими загрязнениями и суспензий — с твердыми загрязнениями и отвод их из зоны мойки. При дополнительном механическом воздействии процесс мойки интенсифицируется.

Из табл. 3, где приведены технико-экономические показатели мойки некоторых ЛА при положительных температурах окружающего воздуха, видно, что мойка (ручная) характеризуется значительной трудоемкостью и существенными расходами мою-

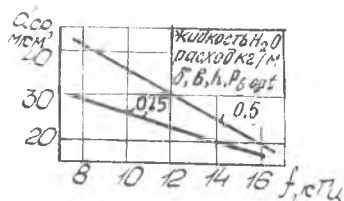


Рис. 31. Зависимость степени диспергирования $d_{ср}$ от частоты колебаний f

Таблица 1.3

Показатели (осредненные)	Типы ЛА		
	Ил-62	Ту-154	Ан-24
Общая поверхность обшивки, подлежащая мойке, м ²	1350	900	420
Расход горячей воды на мойку одного ЛА, кг	5500	3500	2000
Расход моющей жидкости, кг	380	270	125
Удельная трудоемкость ручной мойки, чел/м ²	0,062	0,062	0,035
Производительность мойки, м ² /ч	16	16	28
Количество удаляемых загрязнений в сухом виде, кг	13	9	4,5
Время простоя, при количестве одновременно работающих, ч			
при частичной мойке, 6...8 чел.	3...4		
4—5		2...3	
3...5			1,5...2
при полной мойке, 9...11 чел.	9...10		
9...10		6...8	
4...6			4...5
Время высыхания ЛА, мин, на солнце: верхняя зона	8...10	8...10	8...10
нижняя зона	20	20	20
Потребное количество моек в год			
полная	Не менее 40	Не менее 40	Не менее 40
частичная	50...75	50...75	50...75
Производимое количество ручных моек в год, полных	15...20	15...20	15...20
частичных	4...6	4...6	4...6

щей жидкости и горячей воды. Кроме этого, довольно сложна задача сбора продуктов мойки и их регенерация.

Значительно ухудшаются условия мойки при отрицательных температурах воздуха. Это усугубляется отсутствием приемлемых моющих жидкостей, эффективно работающих при низких температурах. Мойка обшивки ЛА в АТБ аэропортов в последнее время производится низкотемпературной моющей жидкостью НТЖ-221 ЭБ по следующей технологии: нанесение жидкости (до 0,5 кг/м²) на поверхность обшивки, протирка щетками наиболее загрязненных ее мест и заключительная обработка поверхности ветошью, смоченной 30% водным раствором этилового спирта.

Если при обработке обшивки водным раствором моющей жидкости ее сброс в канализацию экономически целесообразен, то отвод в очистные сооружения дорогостоящей низкотемпера-

турной жидкости типа НТЖ или на основе этилового спирта (ЭЛА), по сравнению с полученной экономией топлива, явно не рационален.

Во всех крупных АТБ и на многих ремонтных заводах велись и ведутся работы по малой механизации ручной мойки как путем создания ручных механических щеток, так и ряда других устройств, уменьшающих трудоемкость этого технологического процесса ТО ЛА.

Однако, например, данные анализа ГОСНИИГА 30 различных ручных механизированных щеток (рис. 32) позволяют уста-

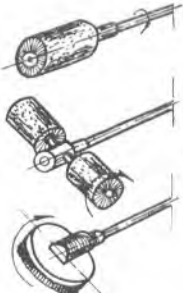
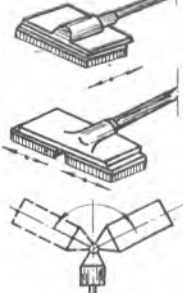
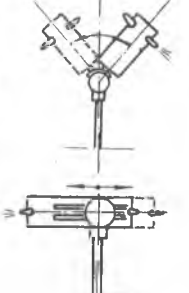
Виды мен.	Вращательное	Возвратно-поступ.	Реактивное
Типы щеток			
Тип привода или устройства	Пневматические, электрические или гидравлические двигатели	Пневматические, электрические или гидравлические двигатели	Сжатый воздух, вода

Рис. 32. Типы щеток и их приводы

новить ряд конструкторских недостатков щеток, из-за которых они не получили практического применения. Основным недостатком ручных механизированных щеток является значительная масса, которая ограничивает время непрерывной работы оператора-мойщика (в особенности вертикальных и нижних горизонтальных поверхностей).

По экспериментальным данным выведена формула, позволяющая определить время, в течение которого оператор может непрерывно обрабатывать вертикальные и нижние горизонтальные поверхности:

$$\tau_p = \left(6,165 + \frac{H}{3} - \frac{l_k}{2} \right) - \sqrt{30,25 - (5,9 - p_c)^2},$$

где τ_p — время непрерывной работы щеткой до наступления утомления рук оператора, мин; H — расстояние от площади опоры до обрабатываемой поверхности (рис. 17) м; $H \geq 0,8$ м; p_c — про-

екция на вертикальную плоскость равнодействующей всех сил, возникающих при работе щеточного механизма (с учетом массы штанги), кг; по управляемости $P_{с\max} = 6,0$ кг; l_k — расстояние от точки приложения равнодействующей всех сил до конца штанги, за которой оператор держит щетку, м; при обработке нижних поверхностей $l_k \leq 2,2$ м при $\rho_c = 2,5$ кг.

Анализ конструкторских решений различных механических щеток и их приводных механизмов позволил установить, что принцип возвратно-поступательного движения рабочего органа является наиболее перспективным для ручных механических щеток. Приводом у таких щеток могут быть пневматические, гидравлические и электрические двигатели.

Экспериментально установлено, что будет малая утомляемость оператора и ЛКП не будет заметно повреждаться, если отношение скорости перемещения щетки вдоль поверхности $v_{щ}$ к скорости v_m перемещения всего ручного щеточного устройства по этой поверхности будет составлять 1,0...2,0.

Среднюю скорость перемещения щетки вдоль поверхности обшивки в м/с рассчитывают по формуле:

$$v_{щ} = k_p x,$$

где k_p — рабочий ход щетки, $k_p = 2,0 - 2,5$ см, в зависимости от рабочей длины ворса l_b , $0,7 k_p \geq l_b \geq 0,5 k_p$; x — число двойных ходов щетки в секунду.

Расчетная производительность механической щетки в м²/мин:

$$П_{щ} = 60 (L_{щ} + k_p) v_m,$$

где $L_{щ}$ — суммарная длина щетки, м.

Сила сопротивления движению щеточного механизма по обрабатываемой обшивке в кг:

$$R_c = p_n f,$$

где p_n — расчетная сила прижатия щетки, кг; f — коэффициент трения скольжения ворса по ЛКП; $f = 0,17...0,23$ — при движении синтетических волокон по авиационным эмальям в присутствии раствора «Аэрол»; $f = 0,20...0,25$ — для щетины и конского волоса в тех же условиях; в присутствии только чистой воды $f = 0,23...0,3$.

При конструировании механических щеток необходимо стремиться, чтобы основные технологические показатели этих щеток были близки к следующим:

масса сухой щетки со штангой 2 м, кг	2,6...3,0
расход сжатого воздуха, м ³ /с	5 · 10 ⁻³
давление в сети сжатого воздуха, МПа	0,4...0,5
давление в сети моеющей жидкости, МПа	0,2...0,25

На рис. 33 изображено устройство, в котором щетка, состоящая из нескольких секций 2, соединенных с основанием корпуса 1 пружинами 3, а с крестовиной 4 — тросиками 5, приводится в сложное поступательно-колебательное движение эксцентриком 6, посаженным на валик пневмодвигателя 7. К корпусу присоединена полая штанга 8, по которой подаются моющая жидкость и воздух.

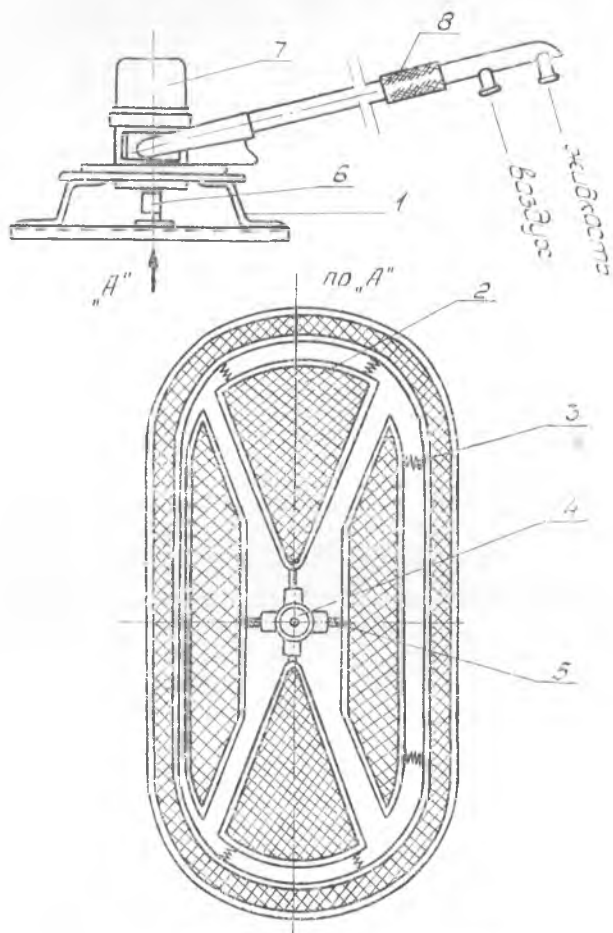


Рис. 33. Механическая щетка

Для интенсификации процесса ручной мойки также применяется струйный способ, основным рабочим органом которого

являются различные жидкостные и пневможидкостные насадки (форсунки).

За рубежом находит применение полуавтоматическая система мойки легких ЛА (рис. 34), в которую входят магистрали для одновременной подачи моющей жидкости и воды в специальный насадок 1. С помощью кранов 2, 3 оператор может регулировать соотношение моющей жидкости и воды в зависимости от степени загрязнения обшивки ЛА.

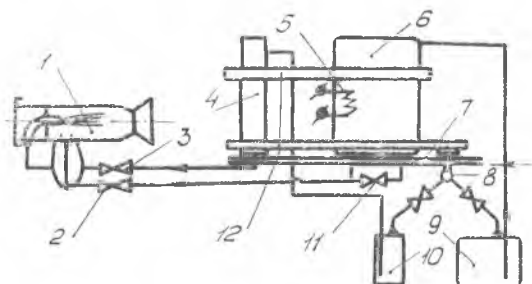


Рис. 34. Схема полуавтоматической системы мойки легких ЛА: 1—пистолет-насадок, 2—кран-кнопка для подачи воды; 3—кран-кнопка для подачи моющей жидкости; 4—расходный бак моющей жидкости; 5—нагреватель; 6—расходный бак воды; 7—магистраль сжатого воздуха; 8—редуктор сжатого воздуха; 9—загрузочный бак для воды; 10—загрузочный бак для моющей жидкости; 11—кран подачи сжатого воздуха в насадок, 12—арматура крепления баков

Для обеспечения работы ВМГ (см. разд. 3.1.3) разработана вихревая моющая установка (ВМУ), схема которой приведена

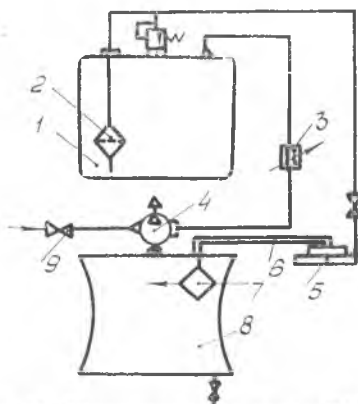


Рис. 35. Принципиальная схема ВМУ

на рис. 35. За счет наддува из расходного бака 1 через фильтр 2 моющая жидкость подается к ВМГ 5. Сверху сливного (нижнего) бака 8 устанавливается вакуумный насос 4, который отсасывает отработанную моющую жидкость из ВМГ 5 через гибкий шланг 6 и гидроциклон 7 в нижний бак 8. Наддув верхнего бака производится через редуктор 3. К вакуумному насосу воздух подается от аэродромной сети сжатого воздуха через кран 9. В качестве ва-

куумного насоса (ВН) могут служить вихревой ВН, турбоцентробежный ВН или электроцентробежный ВН.

Технические данные ВМУ-9Л-5:

Давление сжатого воздуха, МПа	0,4...0,5
Расход сжатого воздуха, г/с	0,02...0,025
Разряжение вакуумной магистрали, Па	$0,1 \cdot 10^5$
Давление в раздаточном баке, МПа	0,06...0,1
Объем раздаточного бака, л	10
Объем сливного бака, л	10
Время непрерывной работы с одной заправкой, мин	50...60
Сухая масса, кг	10

Потребная емкость раздаточного бака в литрах может быть рассчитана:

$$v_{\text{потр}} = 0,5 \frac{S}{p} (a + k),$$

где S — общая поверхность обшивки ЛА, м^2 ; p — производительность вихревой головки ВМУ, $\text{м}^2/\text{мин}$; a — количество моющей жидкости, проходящей через ВМГ в минуту, $\text{л}/\text{мин}$; k — потери моющей жидкости, $k = 0,01$ $\text{л}/\text{мин}$.

3.3. СУЩЕСТВУЮЩИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОЙКИ ЛА В СССР И ЗА РУБЕЖОМ

Существующие средства процесса мойки ЛА можно разделить на две основные группы:

- средства, обеспечивающие частичную механизацию процесса мойки ЛА;
- средства, обеспечивающие полную (на 85...95%) механизацию мойки.

Эти средства механизации существенно различаются при мойке на открытых площадках и в специальных ангарах.

К средствам частичной механизации относят различные устройства доставки (людей, оборудования, материалов) к месту мойки обшивки, их можно разделить на напольные, подвесные и комбинированные устройства.

В качестве напольных устройств подвоза жидкостей и доставки мойщиков в ГА СССР применяются 2-секционные шарнирные вышки Ш2С6-18, СПО-15м, специальные машины А-2001, АС-155, АС-157 и отслужившие свой срок топливозаправщики ТЗ-22. Например, в Казахском управлении ГА ТЗ-22 оборудован подогревом воды и подъемной платформой. В КОМИ УГА для обслуживания высокорасположенных поверхностей (до 7,4 м) ЛА используется автолифтовая самоходная площадка. В Минералводском АТБ внедрена система подачи воды и антиобледенительной жидкости на высоту с использованием машины СПО-15.

За границей к этой группе следует отнести автомашины с подъемными люльками фирмы FMC (США), шагающие платформы (Франция) и промышленные роботы (Япония).

На открытых моечных площадках нашли применение комбинированные средства механизации доставки. Примером такой механизации доставки (в а/п Шереметьево) является установка двух рядов колонн, между которыми натянуты канаты для перемещения люлек, служащие для мойки верхних поверхностей ЛА, нижние поверхности обрабатываются со стремянок.

При мойке в ангарах чаще применяют подвесные и комбинированные средства механизации.

Например, ГипроНИИАвиапромом разработана, а затем изготовлена механизированная подвесная площадка для обслуживания хвостового оперения (рис. 36). За рубежом такие средства доставки разработаны фирмой Klivlend tramrail (США), Aerospatial (Франция) и др.

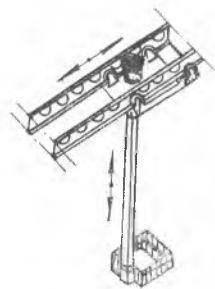


Рис. 36. Механическая подвесная площадка

При применении комбинированных средств механизации у нас намечается такая технология процесса мойки, при которой нижние поверхности обшивки обрабатываются с помощью машины МНС-1, а верхние могут мыться с применением ряда конструктивных разработок, заявленных в ГКИО СССР.

Машина МНС-1 (рис. 37) представляет собой трехколесное самоходное шасси 1, на котором установлены: каретка со стрелой 2 и моющим органом 3 (щеткой, секционной), механизм передвижения, бак для моющей жидкости, управление поворотными колесами и агрегаты гидравлической и электрической систем. Конструкция стрелы представляет собой двухколенный механизм, предназначенный для подъема-опускания щетки. Стрела с щеткой может перемещаться перпендикулярно движению машины, рабочий орган—щетка 4-секционная, снабженная шестью предохранительными усами 4, что значительно снижает вероятность повреждения обшивки и самой щетки. Все приводы на машине гидравлические. Машина производит обработку загрязненных поверхностей ЛА, двигаясь вдоль фюзеляжа, крыла и т. д. Движение можно осуществлять как передним, так и задним ходом.

Технические данные МНС-1:

Высота обрабатываемой поверхности, м:	
минимальная	0,3
максимальная	5,0

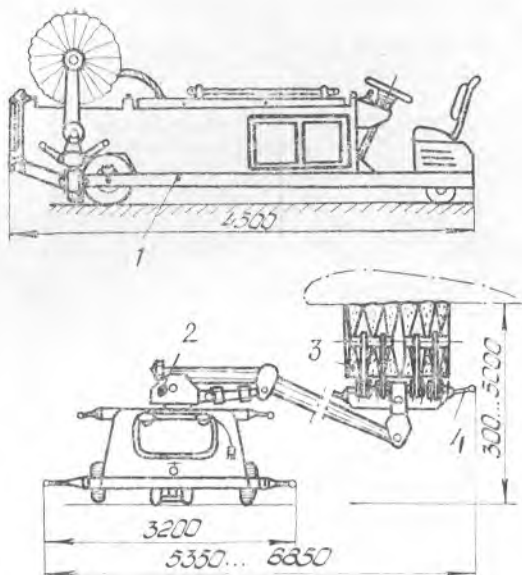


Рис. 37. Общий вид машины МНС-1 (стрела щетки повернута на 90° к ее транспортному положению)

Скорость машины в процессе мойки, м/мин	3...21
Потребная мощность, кВт:	
электродвигатель гидронасоса	4
электроподогреватель моющей жидкости	10
Объем баков моющей жидкости, л	300
Номинальная производительность, м ² /ч	450
Угол поворота щеточного механизма, град.	210
Угол подъема стрелы, град.	75
Минимальный радиус разворота, м	4,5
Сухая масса машины, кг	1200
Длина кабеля подвода электроэнергии, м	100

На рис. 38 приведена схема моечной машины для обработки верхних поверхностей ЛА. На опорах 1, закрепленных на полу, установлены рельсы 2, по которым перемещаются опорные катки несущей самоходной рамы 3. Тросовая (или гидравлическая) схема подъема подвесного моста состоит из двух или нескольких рам 6, шарнирно сочлененных друг с другом, с подвесным мостом 5 и с рамой 3, троса 7 и привода 4. Гидравлическую схему подъема подвесного моста 5 составляют рамы 6, каждая пара которых связана гидроцилиндром 8. В нижней части моста 5 закреплены направляющие 9, по которым перемещается каретка 10, несущая штангу 11 щеточного механизма, гидроцилиндр

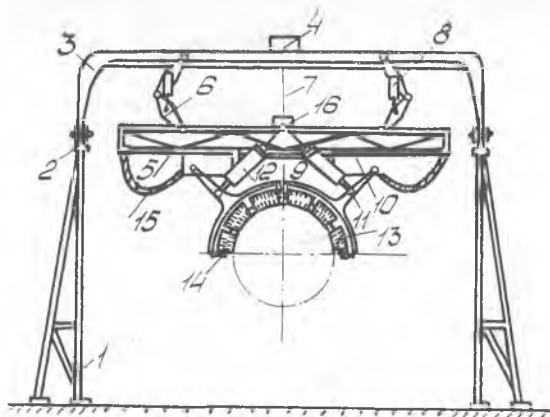


Рис. 38. Устройство для мойки верхних поверхностей ЛА (фюзеляжа)

12, качалку 13 и блоки щеток 14, а также кабель и шланги электрогидросистемы машины 15. Управление машиной осуществляется с помощью переносного пульта 16. При холостых перемещениях устройства штанги 11 с щетками 14 подняты и прижаты к подвесному мосту. При выходе всей машины в зону мойки опускаются щетки 14, которые вследствие уравновешенного положения качалки 13 имеют возможность поворачиваться на штанге 11 в вертикальной плоскости. Прижим щеток 14 осуществляется либо перемещением кареток 10, либо штоком гидроцилиндра 12. После прижатия щеток 14 включается привод перемещения несущей рамы 3, которая, двигаясь вместе с подвесным мостом, перемещает и щетки 14 вдоль обрабатываемой поверхности.

Из зарубежного оборудования этой группы представляют интерес моечные машины, разрабатываемые фирмой Mitsubishi Corp. (Япония) (рис. 39), и американские установки (рис. 40, 41).

На рис. 40 приведена схема установки для мойки верхних поверхностей ЛА, где вращающаяся щетка 1 прикреплена к периферийному концу поворотной стрелы 2, которая состоит из трех последовательно расположенных и шарнирно соединенных между собой элементов. Щетка соединена с телескопическим элементом 3, который, в свою очередь, связан с регулирующим кронштейном, прикрепленным к стреле. Можно регулировать длину плеч, верхний вылет, изогнутость и поворот кронштейна, чтобы получить заданное расположение щетки.

Моечная установка, изображенная на рис. 41, содержит

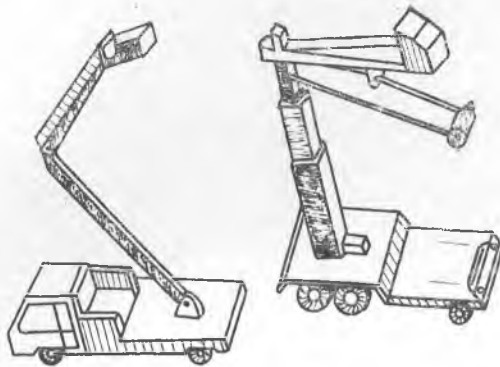


Рис. 39. Моечные машины Mitsubishi Corp (Япония)

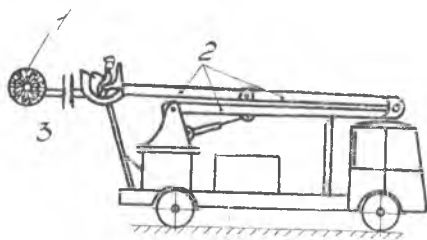


Рис. 40. Моечная машина обработки верхних поверхностей ЛА (США)

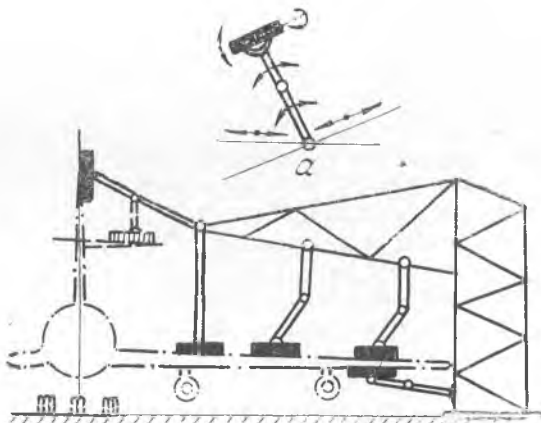


Рис. 41. Моечная установка с программной обработкой верхних и нижних поверхностей ЛА (США)

один или несколько очистительных узлов, каждый из которых состоит из моющих элементов, имеющих шарнирную опору. Каждый моющий элемент может перемещаться в трех взаимно перпендикулярных направлениях из любой точки определенного пространственного расположения.

Перемещение каждого рабочего элемента производится с помощью сервоприводов. Управление сервоприводами осуществляется от программного устройства, которое считывает данные с масштабной или математической модели ЛА, подлежащего мойке (рис. 41,а)).

В 1982 г. в а/п Фьюмичино (Италия) построен крупнейший в Европе ангар для укрытия, обработки поверхностей ЛА (снятия и нанесения ЛКП и сушки) и ТО самолетов типа В-747, ДС-10, А-300В, В-727 и др. Общая кубатура ангара—220 000 м³, площадь 30×80 м, высота 25 м. Все технические процессы в ангаре полуавтоматические. Управление и контроль централизованы. В боковой части ангара на площади 62×12 м в три этажа расположены техническое здание для размещения электрооборудования, служебных помещений, агрегаты воздухообеспечения и термовентиляции. Вдоль продольной оси ангара под полом проложен тоннель 5×4 м для стока отработанных жидкостей. По обочинам тоннеля проходят воздушные коммуникации сечением 5,5×3 м.

Ангар оборудован системой подвесных стремянок, подвижных платформ и подъемников. В зависимости от вида работ заданная температура в ангаре поддерживается четырьмя калориферами с общей производительностью 480 000 м³/ч. Из ангара с помощью осевых вентиляторов через решетки в полу воздух отбирается, фильтруется и отводится наружу. При обработке поверхностей ЛА в качестве рабочих материалов используется холодный и горячий воздух, растворители, лаки, краски, химикаты и сжатый воздух.

Авиакомпания JAL в а/п Нарита (Япония) построила моечную установку, в которой самолет В-747 можно помыть за 45 мин, т. е. за время, необходимое для его полной заправки горючим. Эта установка представляет собой металлический каркас высотой 25 м, шириной 40 м, похожа на установку мойки автомобиля. Управляют этой установкой два человека из кабины. Сейчас самолет В-747 моет 20 операторов вручную в течение 4 часов. Периодичность такой мойки составляет 50...60 дней, что обходится компании в 600 000 долларов в год. Естественно, что более частая мойка обеспечит лучшую обтекаемость ЛА и экономию 0,34% топлива, а также повысит сопротивление металлов коррозии. Вероятно, японская моечная установка будет рентабельна, несмотря на ее большую стоимость — 8 млн. долларов.

В авиакомпаниях AIR FRANCE, SWISSAIR, INTERFLUG и др. полную мойку ЛА производят в ангарах.

AIR FRANCE располагает моечными ангарами, где смонтированы подвесные подмости с телескопическими подвесками. Эти подвесные средства подводятся к ЛА вдоль и поперек. С них на обшивку ЛА наносится моющий раствор (вода с легким растворителем), затем водная и полировочная смесь стирается чистой ветошью. С напольных стремянок обрабатываются только нижние поверхности обшивки. Окончательным этапом мойки ЛА является струйная обработка обшивки опресненной водой (до 40 м³ на ЛА).

Полная мойка ЛА в авиакомпании SWISSAIR производится только в специальных ангарах. Моющая жидкость наносится на обшивку ЛА струйным способом под давлением 0,6 МПа. После 10...15 мин выдержки загрязнение смывается струями горячей воды.

Авиакомпания LOT для мойки использует ангара для покраски ЛА. Процесс мойки производят по специальной технологии: обшивка ЛА обрабатывается струями горячей воды, затем наносится моющая жидкость и производится ручная мойка всей обшивки ЛА с помощью щеток с щетиной длиной около 8 см, потом ЛА споласкивается очищенной водой. После сушки на ЛКП наносят слой воскового лакировочного покрытия. Процесс мойки длится примерно 5...6 часов с участием 6...10 рабочих.

ЛА гражданской авиации ГДР, обслуживаемые авиакомпанией UNTERFLUG, моются как в ангарах, так и на открытых площадках, с использованием напольных средств механизации доставки: доков-стремянков, передвижных стремянок и рабочих подставок. Моющая жидкость наносится тряпками и кистями, после 10 мин. выдержки другими тряпками стирается слой загрязнения с моющей жидкостью, после чего чистыми салфетками удаляются остатки моющих средств. На мойку самолета Ил-62М уходит примерно 250 человеко-часов, на Ту-154А — 100 ч/ч.

Из краткого обзора существующих средств механизации процесса мойки ЛА видно, что в СССР преобладает применение оборудования, которое обеспечивает частичную механизацию мойки в основном на открытых площадках. За рубежом почти все авиакомпании мойку ЛА ведут в ангарах и также с частичной механизацией этого технологического процесса ТО. Как у нас, так и за границей в основном применяют струйный и щеточный способы мойки. В мировой практике имеются пока только единичные случаи применения полной механизации процесса мойки.

Основными причинами слабой механизации процесса мойки крупногабаритных ЛА надо считать:

отсутствие устройств механизации, при которых достигалась бы полная автоматизация эффективной мойки ЛА;

отсутствие эффективных моющих средств, особенно при низких температурах окружающего воздуха, а также высококачественных ЛКП;

низкий уровень научно-исследовательской работы в области решения комплексных задач, связанных с изучением процесса мойки ЛА.

3.4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОЙКИ ЛА И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Современные средства механизации процесса мойки ЛА должны опираться на комплексные мероприятия по использованию эффективных способов мойки и моющих средств, а также применению ЛКП с хорошей адгезией и малой ее шероховатостью.

При частичной механизации мойки рационально применять щеточный и вихревой способы, причем механизированными щетками лучше мыть нижние поверхности ЛА, а вихревыми моющими установками — верхние. В частности, у нас в перспективе на ближайшее время возможно комплексное применение моечной машины МНС-1 и ВМУ.

Для полной механизации мойки ЛА (до 90...95%) необходима разработка установок, рабочим органом которых являются струйные (с $p = 3,0...4,0$ МПа) форсунки или комбинированные форсунки (например, пневмогидроакустические); возможно также использование механизированных щеток и различных форсунок.

Установки для полной механизации мойки должны отвечать следующим основным требованиям:

автоматизация процесса мойки (до 95%);

полная надежность и безопасность для человека и авиационной техники;

ограниченное воздействие моющих средств на окружающую среду;

высокая производительность (не менее 15...20 м²/мин);

возможность мойки при низких температурах наружного воздуха.

На рис. 42 (см. вкладку) приведен проект установки, с помощью которой самолет Ту-154 можно полностью вымыть и просушить за 1,5 часа.

Установка представляет собой две 3-опорные платформы, соединенные между собой фермой прочной конструкции, кото-

рая перемещается по рельсам вдоль самолета и при помощи штанг с секциями форсунок пневмогидроакустического типа осуществляет мойку фюзеляжа, верхней и нижней поверхности крыла, киля и стабилизатора.

Платформа 47 предназначена для перемещения установки вдоль самолета и состоит из двух 3-опорных тележек, на которых установлены приводы (электродвигатели с редукторами), необходимые для движения установки вперед и назад, а также вращения барабана подъема штанг секций, насосы для привода гидроцилиндров секций, коллектора подвода сжатого воздуха и моющей жидкости и командного агрегата автоматического управления работой установки.

Платформа изготовляется из стальных профилированных уголков и полос, объединенных с помощью сварки, в жесткий каркас. Для монтажа на платформу фермы и нижней штанги к ней приварены стальные стаканы. Тележки платформы устанавливаются на колеса с ребрами и перемещаются по рельсам. Привод перемещения имеется на каждой тележке, кроме этого, предусматривается привод для быстрого отвода установки в исходное положение после завершения мойки. Общая мощность приводов расположенных на платформе, не превышает 10 кВт.

Ферма 44,45 предназначена для жесткой связи тележек платформы и крепления штанг и всех элементов механизации. Ферма состоит из параллельно установленных в стаканы стальных труб. В верхней части трубы соединяются между собой, объединяя обе тележки платформы в единое целое. На боковых трубах фермы имеются направляющие, по которым перемещается каретка 46. Трубы соединяются ниппельным соединением.

Расчет фермы на прочность показал, что в качестве ее основного силового элемента следует использовать стальную усиленную трубу 60×51 (труба УМ — 50×4,5, ГОСТ 3262—75).

Штанга 48 для обслуживания нижней поверхности фюзеляжа и крыла состоит из двух шарнирно сочлененных стальных труб. Эта штанга одним своим концом устанавливается в стакан тележки платформы, другим концом опирается на регулирующую по высоте колесную опору 53. Кроме того, для исключения заклинивания шарнира в средней части штанги устанавливается аналогичная опора 54 (рассматривается только одна половина самолета). В этой штанге устанавливаются моечные секции № 1...12, причем секция № 2 управляется с помощью гидроцилиндра 33. Штанга 48 в месте шарнира «ломается» под воздействием гидроцилиндра 34.

Штанга 49 предназначена для обслуживания верхней поверхности крыла и состоит из двух шарнирно соединенных меж-

ду собой стальных труб. Она одним своим концом поддерживается с помощью растяжек 50. На штанге установлены моечные секции № 13...21, причем секция № 21, смонтированная на трубе, перемещается относительно шарнира при помощи гидроцилиндра 38. На штангу 49 крепятся также моечные секции 22 и 23. На штанге 49 также крепятся секции форсунок, которые моют стабилизатор и киль. Эта система состоит из шарнирно-соединенных между собой труб 51, 55, причем труба 55 перемещается относительно шарнира за счет гидроцилиндра 39, а на другом своем конце шарнирно соединена со штангой 58, к которой крепятся моечные секции № 27...29, перемещаемые относительно шарнира с помощью гидроцилиндра 43. Штанга 59 и моечные секции № 30...32 крепятся шарнирно с кронштейном 60 и перемещаются относительно него с помощью гидроцилиндра 42. К штанге 59 на кронштейне шарнирно крепится штанга 61 с моющими секциями № 24...26, предназначенными для обработки кия, и перемещается относительно шарнира с помощью гидроцилиндра 40.

Штанги для обработки нижних поверхностей фюзеляжа и крыла изготавливаются из усиленных труб — УМ—8×2,8, ГОСТ 3262—75; штанга для мойки; верхней поверхности крыла из труб УМ—20×3; штанги всех других секций — из труб УМ—8×2.

Гидроцилиндры установки предназначены для своевременной постановки соответствующих секций в рабочее положение и отвода их в транспортное положение. Кинематический расчет гидроцилиндров установил, что ходы их штоков находятся в диапазоне 350...650 мм. Причем, если цилиндр поршня $d_{\text{п}}$ равен 52 мм и диаметр штока гидроцилиндра $d_{\text{ш}} = 28$ мм, то при давлении насоса $p_{\text{н}} = 0,9$ МПа и расходе порядка 2,0 л/мин максимальный полный ход штока гидроцилиндра $S_{\text{ш max}} = 650$ мм будет произведен за 0,8 мин.

Каретка 46 предназначена для вертикального перемещения штанги 49 с установленными на ней секциями форсунок, кроме тех секций, которые обслуживают нижние поверхности крыла и фюзеляжа. Она перемещается с помощью тросовой системы, системы блоков и лебедки. Плавность перемещения обеспечивается за счет роликов, скользящих с двух сторон по направляющим трубы. Диаметр тросов каретки равен 8...10 мм.

Моющая секция форсунок (рис. 43) состоит из стоек 2, закрепленных на штанге 1, пластин 3, в которые монтируются форсунки 4, к штуцерам их присоединяются коллекторы систем подачи воздуха 5 и моющей жидкости 6 через электромагнитные краны 7.

Командный агрегат установки представляет собой электрон-

ный счетчик времени, который в определенный момент посылает сигнал на включение (выключение) электромагнитных кранов, насосов гидроцилиндров и электромоторов привода согласно циклограмме (рис. 44).

Циклограмма — зависимость поочередного включения или выключения определенных моющих секций, гидроцилиндров и тяговых электродвигателей в строго установленное время мойки (пути перемещения или длины самолета).

Экспериментально установлено, что гидроразрывоакустические форсунки (см. разд. 3.1.3) нормально удаляют пленку загрязнений при скорости их перемещения в пределах 0,012...0,015 м/с. Поэтому при длине Ту-154 48 метров полный цикл его мойки составляет порядка 1-го часа.

Данная установка имеет следующие основные технические данные.

Рабочий орган: пневмогидроакустическая форсунка

Количество форсунок, шт.	200...220
Давление воздуха, МПа	0.05...0.25
Давление моющей жидкости, МПа	0.01...0.05
Расход жидкости, кг/ч	20...500
Расход воздуха, кг/ч	50...2000
Время мойки 1-го самолета, ч.	0,8...1
Масса установки, кг	5000
Габариты установки, м	50×42×25

Установки, подобные приведенной, разрабатываются в Японии и представляют из себя ангар (рис. 45) с конфигурациями, аналогичными обрабатываемому ЛА. Рабочими органами здесь могут быть механические щетки (подобные применяются при мойке автомобилей) и различные насадки (форсунки).

Перспективной является разработка, предложенная в СССР, по которой обшивка ЛА заряжается электрическим током определенного знака, моющая жидкость — противоположным знаком. Взаимодействие электростатических сил заряженных тел (загрязнения на обшивке и моющей жидкости) может способствовать более эффективной мойке ЛА.

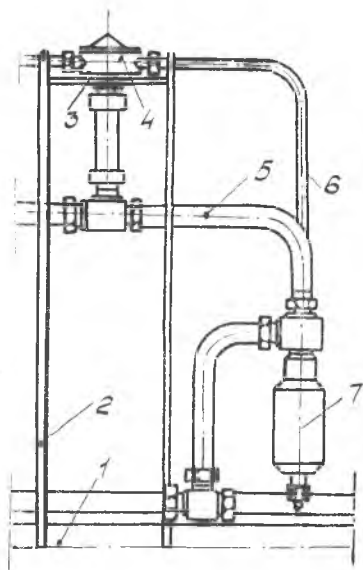


Рис. 43. Форсуночная секция установки для мойки ТУ-154

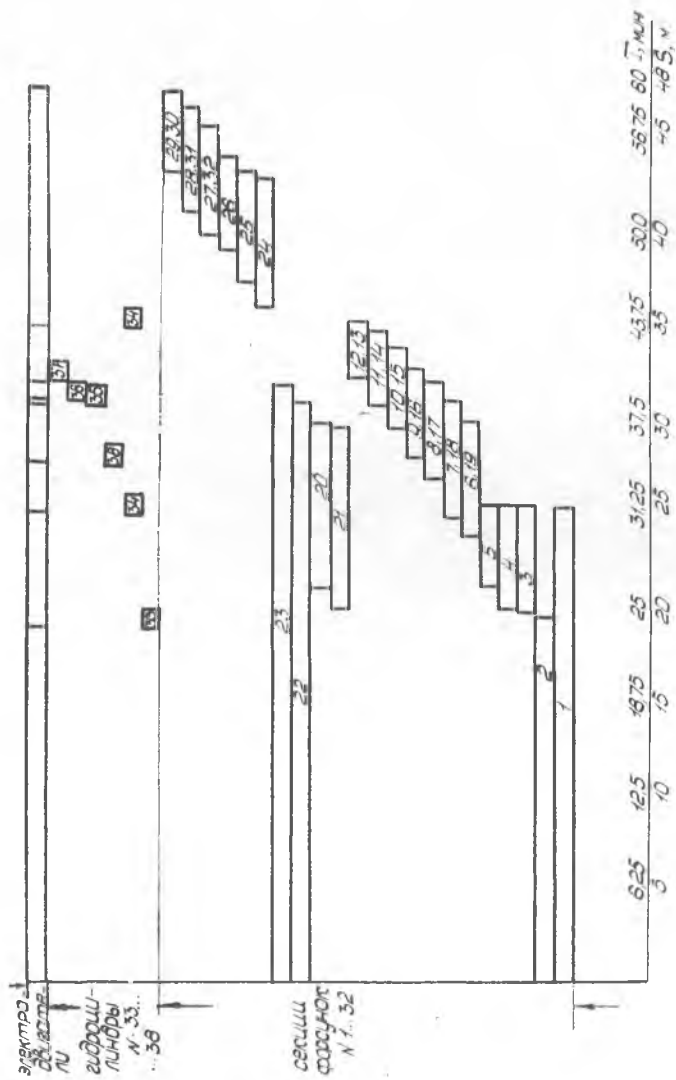


Рис. 44. Циклограмма работы установки для мойки Ту-154

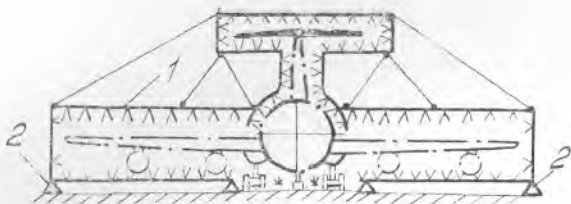


Рис. 45. Моечная установка — ангар: 1 — форсунки, 2 — опора (Япония)

В заключение следует отметить, что перспективное совершенствование механизации мойки ЛА может быть успешно осуществлено при комплексном применении:

автоматических средств механизации с использованием комбинированных способов мойки;

эффективных моющих средств, особенно при отрицательных температурах окружающего воздуха;

ЛКП обшивки ЛА (на основе полиуретановых связующих и других связующих нового поколения);

рациональных средств оборотного водоснабжения, очистки и регенерации сточных (загрязненных) вод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. с. 596500 СССР. Устройство для мойки самолетов / К. И. Кравченко и др. (СССР). Оpubл. 06.02.78. Бюл. № 9.
2. А. с. 629099 СССР. Щетка для мойки поверхностей / В. А. Гнатенко (СССР). Оpubл. 01.09.78, Бюл. № 39.
3. А. с. 520.292 СССР. Устройство для мойки нижних поверхностей самолетов / Г. С. Бурдман и др. (СССР). Оpubл. 23.08.76. Бюл. № 25.
4. А. с. 935381 СССР. Устройство для мойки летательных аппаратов / М. Г. Костылев и др. (СССР). Оpubл. 02.06.81. Бюл. № 22.
5. А. с. 856431 СССР. Ручная щетка для мытья / Ю. А. Жуков и др. (СССР). Оpubл. 05.07.80. Бюл. № 31.
6. А. с. 848105 СССР. Устройство для мойки самолетов / А. П. Меркулов и др. (СССР). Оpubл. 11.12.80. Бюл. № 27.
7. А. с. 995901 СССР. Способ очистки металлических поверхностей / Ю. В. Баран и др. (СССР). Оpubл. 10.06.82.
8. Алябьев А. Я. и др. Ремонт летательных аппаратов. М.: Транспорт, 1984. 422 с.
9. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения. М.: ФМЛ, 1963. 125 с.
10. Беренсон С. П. Химическая очистка деталей ДВС. М.: Машиностроение, 1967. 254 с.
11. Борисов Ю. Я. Газоструйные излучатели гартмановского типа. / Источники мощного ультразвука: Сб. тр. Наука, 1967. 573 с.
12. Брондз Л. Д. Технология и обеспечение ресурса самолета. М.: Машиностроение, 1986. 182 с.

13. Гребеник В. Г. Сооружения для мойки самолетов. М.: Труды ГПИ и НИИ «Аэропроект». 1970. Вып. 4. 130 с.
14. Демешкевич С. Э. Определение некоторых параметров струи при мойке наружных поверхностей самолетов. М.: Труды ГПИ и НИИ «Аэропроект» 1970. Вып. 4. 130 с.
15. Dämmrich T. Flugzeugaußenreinigung, «Tech-ökon Ynf. zire Luftfahrt 1982, 18, № 3.
16. Дегайев Г. П. Применение моющих средств (основы теории и практики). М.: Колос, 1981. 240 с.
17. Елькин И. В. и др. О движении рабочей жидкости в вихревых моющих головках. Вихревой эффект и его применение: Материалы IV Всесоюз. НТК. Куйбышев: КуАИ, 1984. 284 с.
18. Завьялов С. Н. Мойка автомобилей. М.: Транспорт, 1984. 184 с.
19. Иванов Б. И. Очистка металлических поверхностей пожаробезопасными составами. М.: Машиностроение, 1974. 184 с.
20. Илларионов А. М. Экспериментальные исследования влияния шероховатости поверхности на сопротивление аэродинамического трения // Микрогеометрия и эксплуатационные свойства машин: Сб. тр. Рига, 1983. 121 с.
21. Исследование технологических схем перемещения и режимов работы моечных машин, определение оптимальных вариантов для использования при разработке технической документации моечной секции ангара. М.: Труды ГПИ и НИИ «Аэропроект». 1974. 54 с.
22. Ключарев Л. Г. Исследование рабочего элемента (акустической форсунки) устройства для мойки ВС. Совершенствование технологических процессов ремонта ЛА: // Материалы Всесоюз. НТК, 1984, 144 с.
23. Лайнер В. И. Защитные покрытия металлов. М.: Металлургия, 1974. 559 с.
24. Меркулов А. П. Газодинамика вихревой моющей головки. Вихревой эффект и его применение: // Материалы IV Всесоюз. НТК. Куйбышев, КуАИ, 1984. 284 с.
25. Исследование способов механизированной мойки самолетов с применением эффективных моющих жидкостей с последующим удалением влаги: Отчет. М.: ГОСНИИГА, 1976. 41 с.
26. Пат. 3460177 США. Устройство для чистки летательных аппаратов / Р. Ринхерт (США). Оpubл. 12.07.69.
27. Пат. 3601832 США. Устройство для мытья самолетов / Н. Вернон. (США). Оpubл. 31.08.71.
28. Пат. 4237570 США. Щетка с пневматическим приводом / В. Брок. (США). Оpubл. 09.10.80.
29. Пат. 1384758 Англия. Машина для мойки обшивки самолета / В. Торнтон (Англия). Оpubл. 19.02.75.
30. Пат. 3223484.8 ФРГ. Состав жидкости для очистки наружной поверхности летательных аппаратов / Р. Любински (ФРГ). Оpubл. 22.12.83.
31. Пат. 56-186583 Япония. Установка для мойки самолетов снаружи с программным управлением / Насима Тацуо (Япония). Оpubл. 27.05.83.
32. Пат. 56-188028 Япония. Автоматическая установка для мойки самолетов снаружи / Ватанабэ Хирочи (Япония). Оpubл. 27.05.83.
33. Пат. 56-195413 Япония. Устройство для мойки самолета / Насима Тацуо (Япония). Оpubл. 10.06.83.
34. Погер М. А., Экнадиосянц О. К. Пневмоакустическое распыление жидкости // Акустический журнал. М.: 1974. № 4. 602 с.
35. Смирнов Н. С. и др. Очистка поверхности стали. М.: Металлургия, 1978. 230 с.
36. Спринджер Дж. С. Эрозия при воздействии капель жидкости. М.: Машиностроение, 1981. 200 с.
37. Спрингс С. Очистка поверхности металлов. М.: Мир, 1960. 270 с.

38. *Singletery H. I.* Growing procedens of washing mammoth aircraft, I. Aircraft, 1974, 11, №9.
39. Semi — automated sustem cuts aircraft cleaning time. Des News, 1977, 33, №24.
40. *Тельнов Н. Ф.* Технология очистки и мойки с/х машин. М.: Колос, 1973. 293 с.
41. *Точенов Л. А.* Состояние и перспективы механизации технологических процессов очистки самолетов. М.: ГОСНИИГА, 1985. 40 с.
42. *Чебогаревский В. В., Кондрашев Э. К.* Технология ЛКП в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978. 295 с.
43. *Шварц А., Перри Дж.* ПАВ, их химическое и техническое применение. М.: ИЛ, 1963. 695 с.

Лев Георгиевич Ключарев

МОЙКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Редактор Т. К. Кретьнина
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

Св. тем. пл. № 126
Сдано в набор 15.02.89 г. Подписано в печать 19.04.89 г.
ЕО 00180. Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл.п.л. 4,5. Уч.-изд.л. 4.2. Т. 500 экз.
Заказ 177. Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева.
443001, Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. ЭОЗ Куйбышевского авиационного института,
443001, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.

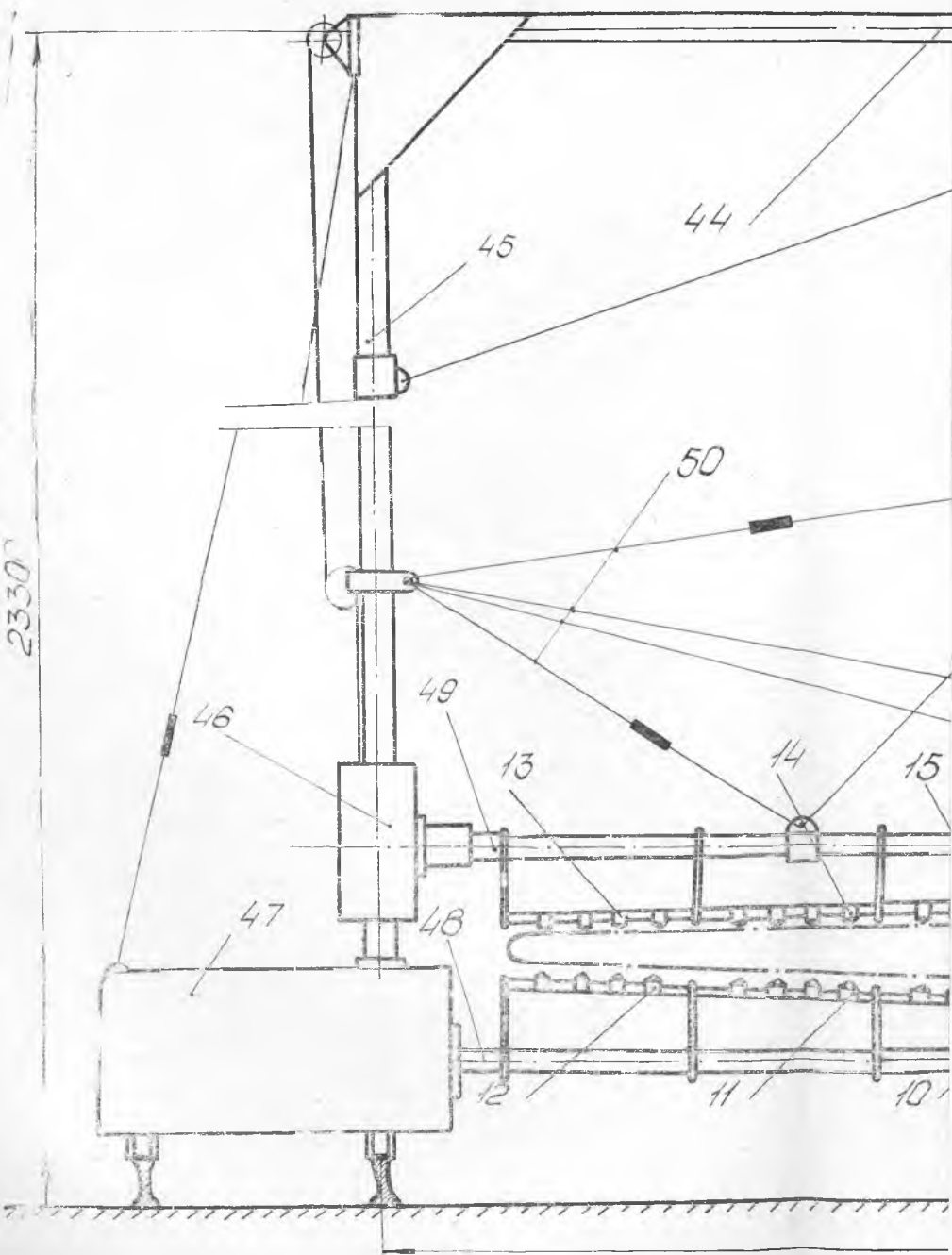


Рис. 42. Принци

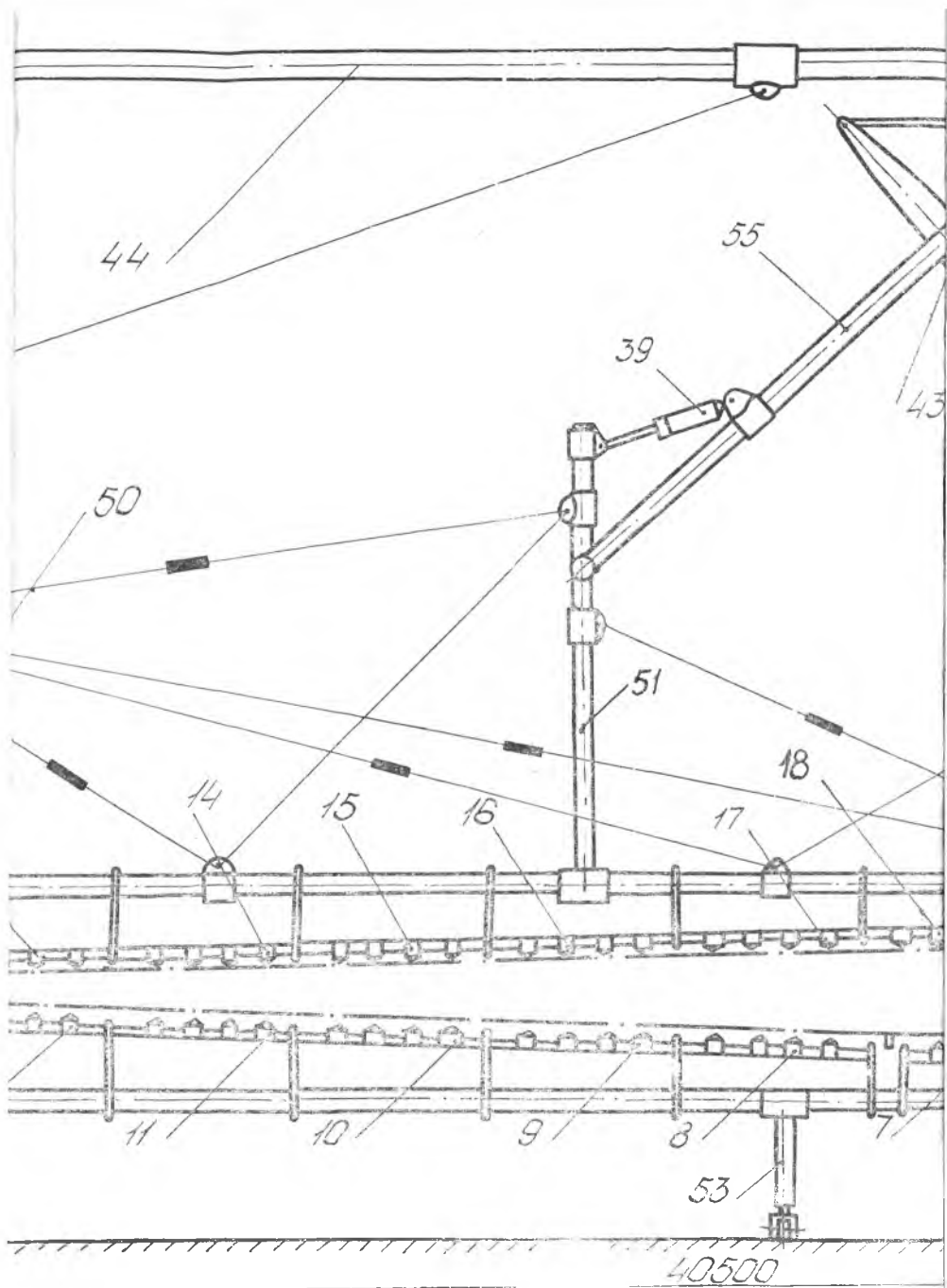


Рис. 42. Принципиальная схема установки для шойки самолета Ту-154

