Министерство образования и науки Украины

Севастопольский национальный технический университет

Реферат

на тему:

«надежность машин: промышленные роботы, станки»

Выполнил студент

группы АКТ – 52 д

Назаров С. В.

Проверил: ст. преп.

Сопин Ю.К.

**2003**

**Содержание**

Введение………………………………………………………………………3

Надежность станков………………………………………………………….4

Надежность промышленных роботов………………………………………11

Вывод…………………………………………………………………………14

Библиографический список…………………………………………………15

**Введение**

***Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации.***

Уровень надежности в значительной степени определяет развитие техники по основным направлениям: автоматизации производства, интенсификации рабочих процессов и транспорта, экономии материалов и энергии.

Современные технические средства очень разнообразны и состоят из большого количества взаимодействующих механизмов, аппаратов и приборов. Первые простейшие машины и радиоприемники состояли из десятков или сотен деталей, а к примеру, система радиоуправления ракетами состоит из десятков и сотен миллионов различных деталей. В таких сложных системах в случае отсутствия резервирования отказ всего одного ответственного элемента может привести к отказу или сбою в работе всей системы.

Низкий уровень надежности оборудования вполне может приводить к серьезным затратам на ремонт, длительному простою оборудования, к авариям и т.п.

В настоящее время наблюдается быстрое и многократное усложнение машин, объединение их в крупные комплексы, уменьшение их металлоемкости и повышением их силовой и электрической напряженности. Поэтому наука о надежности быстро развивается.

Отказы деталей и узлов в разных машинах и разных условиях могут иметь сильно отличающиеся последствия. Последствия выхода из строя машины, имеющейся на заводе в большом количестве, могут быть легко и без последствий устранены силами предприятия. А отказ специального станка, встроенного в автоматическую линию, вызовет значительные материальные убытки, связанные с простоем многих других станков и невыполнением заводом плана.

В этом реферате я рассмотрю надежность станков и промышленных роботов, потому что эти вопросы имеют большое значение для производства, и они связаны с моей специальностью и, возможно, будущей работой.

1. **Надежность станков**

Важнейшие тенденции развития станко­строения - повышение точности, производительности и уровня автоматизации станков.

Повышение точности изделий, обрабатываемых на станках, поз­воляет существенно повышать технические характеристики новых машин. Повышение точности станков достигается подчинением конструкций важнейших узлов станков критерию точности и ее сохранению в эксплуатации, повышением точности изготовления и автоматизацией управлением точностью.

Повышение производительности станков достигается повышением режимов резания, применением новой прогрессивной технологии с уменьшением нерабочего для инструмента времени. Исследования на заводах с единичным и серийным характером производства показа­ли, что обработка деталей занимает лишь 5% общего времени от за­пуска деталей в производство до окончания их изготовления.

Важнейшим направлением повышения производительности и облегчения труда и, в частности, решения проблемы недостатка ра­бочих кадров является автоматизация станков и комплексная авто­матизация производства. Автоматизация массового и крупносерий­ного производства достигается применением автоматических ли­ний и цехов. Автоматические станочные линии повышают произво­дительность обработки по сравнению с обработкой на универсаль­ных станках в десятки раз. Автоматизация серийного и мелкосерий­ного производства достигается применением станков с числовым программным управлением и гибких производственных систем. Японские результаты исследования показывают, что замена 5 универсальных станков станками с ЧПУ позволяет уменьшить число операторов с 5 до 3, а производительность увеличить в 3 раза. Если же дополнительно установить роботы для подачи заготовок и сня­тия готовых деталей, то число операторов можно сократить до двух, при этом производительность труда возрастает в 3,5 раза по срав­нению с первоначальной.

Затраты на ремонт и потери от простоев станков, как и других машин, весьма значительны. Среднее время простоя универсального станка в ремонте, отнесенное к одной смене, составляет 10 мин. Сложность и высокая стоимость станков с ЧПУ требуют соответствующего уровня их надежности и использования. По исследованиям ЭНИМС, приемлемый уровень удельной длительности восстановле­ния для станков с ЧПУ составляет 0,05. . .0,1, т. е. 5. . .10 ч про­стоя станка в неплановом ремонте на 100 ч работы по программе.

Точность и производительность станков в значительной степени зависят от их надежности. Станки характерны большим количеством трущихся пар и трудностью защиты их от загрязнений. Надеж­ность станков определяется надежностью механизмов и узлов стан­ков против разрушений и других отказов и точностной надежностью, т. е. надежностью по критерию точности обработки.

Возможно, рассмотрение надежности собственно станков и на­дежности всей технологической системы: станок, инструмент, при­способление, заготовка. В этом комплексе наименее надежным эле­ментом является инструмент, так как на его лезвии возникают вы­сокие напряжения и температуры.

Наблюдения, проведенные в разных от­раслях отечественного машиностроения, показали, что универсальные станки ра­ботают 60. . .75% времени с мощностью до 0,5 номинальной и только 1. . .10% времени - с номинальной мощностью или допустимой перегруз­кой. Более поздние иностранные исследования показали близкие результаты. Средневзвешенные значения расчетных относительных мощностей станков рекомендуются: для станков токарной группы 0,4. . .0,48; для станков сверлильно-расточных и фрезерных 0,35. . .0,45. Нижние значения соответствуют применению тради­ционного набора инструментов (твердосплавного и из быстрорежу­щей стали), верхние значения соответствуют использованию на чистовых и получистовых операциях минералокерамических, а на черновых твердосплавного инструмента с покрытиями.

Станки с ЧПУ характеризуются более высокими уровнями средних и максимальных значений нагрузок по сравнению со стан­ками общего назначения. Так, уровень использования токарных станков с ЧПУ для обработки в патроне выше по моменту на 20. . . 25%, для обработки в центрах выше по мощности - на 20% и частоте вращения - на 30. . .40%.

Простейшая аппроксимация закона распределения мощности в приводе станков по эксплуатационным наблюдениям имеет вид:

**у = ах - bx**

где *у -* частота нагружения, *ах -* относительная мощность (в до­лях от номинальной).

Требования к надежности станков различных типов различны.

Для универсальных легких и средних станков в обычных условиях их применения из комплекса требований к надежности наибольшее значение имеет технический ресурс.

С другой стороны, для тяжелых станков важна безотказность в течение длительного времени, а в случае обработки точных и дорогих изделий - также безотказность системы в течение одной операции.

По сравнению с универсальными станками к надежности спе­циальных и уникальных станков предъявляют более высокие требо­вания во избежание необходимости установки на заводах дорогих станков-дублеров.

Для станков, встраиваемых в автоматические линии, требования к надежности наиболее высоки, так как выход из строя одного из них ведет к простою участка или даже всей линии.

Надежность механизмов и узлов станков против разрушений и от­казов рассматривается, во-первых, в связи с возникновением вне­запных отказов: нарушением нормального процесса обработки, ус­талостными разрушениями и заеданиями, во-вторых, в связи с монотонным постепенным понижением работоспособности вследствие износа, коррозии и старения.

Наблюдаются следующие виды отказов, связанных с нарушением нормального процесса обработки: недопустимое врезание инструмен­та в заготовку вследствие сбоев системы автоматического управле­ния; забивка зоны резания стружкой; наезд суппортов или столов один на другой или на другие узлы по тем же причинам; вырывание об­рабатываемой заготовки из патрона или приспособления; переклю­чение шестерен на большой скорости.

Надежность станков по критерию усталостных разрушений обыч­но бывает достаточной. Это объясняется тем, что универсальные станки работают при переменных нагрузках, с редким использова­нием полной мощности; размеры многих деталей станков определя­ются не прочностью, а другими критериями работоспособности, в первую очередь жесткостью; зубчатые передачи станков работают с износом, затрудняющим развитие трещин поверхностной усталости.

Усталостные поломки деталей привода наблюдаются только в станках, работающих с большими длительно действующими на­грузками, при динамическом характере сил резания, а также при пуске станков без муфт асинхронными двигателями, когда моменты (по экспериментальным данным) достигают 4. . .5 номинальных и при торможении станков противовключением электродвигателей. Поломки зубьев также наблюдаются при дефектах закалки ТВЧ в случаях, если возникают остаточные напряжения рас­тяжения.

Износостойкость является важным критерием надежности ме­ханизмов станков. Особенно изнашиваются механизмы, плохо за­щищенные от загрязнений, плохо смазываемые и работающие в ус­ловиях несовершенного трения. К ним относятся червячные и вин­товые передачи, передачи винт — гайка, рейка — реечная шестер­ня и другие механизмы, расположенные вне корпусов с масляной ванной. Переключаемые и сопряженные с ними шестерни имеют ин­тенсивный износ по торцам зубьев, из-за которого наиболее напря­женные переключаемые шестерни до введения бочкообразной формы закругления зубьев менялись через 2. . .3 года эксплуатации.

В тяжелых и быстроходных станках, а также в узлах, в которых применяются твердые антифрикционные материалы (чугун, твердые бронзы и др.), особую опасность представляет заедание.

Нарушение работы гидроприводов связано с износом клапанов и элементов управления, с нарушением регулировки (из-за недоста­точно хорошей фиксации, низкого качества пружин и др.). Гидро­приводы работают при относительно высоких температурах масла и значительных скоростях, что способствует окислению масла и обра­зованию высокомолекулярных соединений, в результате чего сис­тематически засоряются узкие щели в элементах гидропривода. Недопустимо применять масла из сернистых нефтей, так как при этом гидроприводы из-за выделения высокомолекулярных соедине­ний выходят из строя через несколько месяцев работы.

*Точностная (параметрическая) надежность* связана с медленно протекающими процессами: износом, короблением, старением. Дол­говечность по точности в первую очередь зависит от состояния на­правляющих, шпиндельных опор и делительных цепей. Необходи­мость капитального ремонта преимущественно вызывается состоя­нием направляющих.

Надежность станков по точности изделий определяют следую­щие факторы:

- нарушение настройки связано со сня­тием сил трения в зажимах, перераспределением сил между зажима­ми и механизмами подвода, а следовательно, и соответствующим из­менением жесткости. Нарушению настройки способствуют ударные нагрузки, а также значительные температурные перепады;

- малость упругих деформаций во избежание недопустимого копи­рования на изделии погрешностей заготовки, трудности установки на размер и т. д.;

- виброустойчивость технологической системы во избежание рас­стройки технологической системы, образования волн на поверхно­сти, отказа в работе из-за недопустимых вибраций;

- малость и постоянство температурных деформаций. Непостоян­ство температурных деформаций связано с разогревом системы, ко­лебаниями температуры воздуха и грунта, переменностью теплооб­разования в механизмах станка в связи с приработкой, изменением уровня масла, регулировкой и т. д., а также переменностью тепло­образования в процессе резания. Многие станки не обеспечивают точности обработки до разогрева; станины длинных станков, при постоянном скреплении с фундаментом, подвергались бы годичным температурным деформациям со стрелой прогиба более 1 мм; на крупных прецизионных колесах, нарезаемых в течение нескольких суток, наблюдаются суточные температурные полосы и т. д.;

- точность подвода перемещающихся узлов, в частности повтор­ных подводов. Разброс связан с переменностью сил трения и кон­тактной жесткости, влияние которых многократно усиливается вследствие динамического характера подвода;

- сохранение размеров и режущих свойств инструмента. Размер­ный износ и нарушение режущих свойств инструментов приводит к изменениям размеров изделий и увеличению упругих отжатий в системе;

точность размеров и постоянство твердости заготовок. Разброс размеров и твердости заготовок приводит к переменным упругим отжатиям инструмента;

предотвращение попадания пыли и стружки на базовые поверх­ности установки обрабатываемых деталей. Характерно, что за рубе­жом в отдельных цехах сборки особо точных станков для предотвра­щения попадания пыли извне поддерживается избыточное давление, а детали поступают полностью обработанными и промытыми.

*Надежность станков с ЧПУ* может быть характеризована сле­дующими данными по материалам международной организации MTIRA, занимающейся исследованиями станков, время простоев станков с ЧПУ из-за неисправностей составляет 4. . .9% номиналь­ного фонда времени.

Около 55% отказов, по отечественным данным, связано с электронными и электрическими устройствами ввода информации, считывания с перфоленты, переработки информации, электропривода Их устранение занимает около 40% общего времени восстановления. Хотя отказы механических узлов: механизма автоматической смены инструмента, направляющих, шпинделя, системы смазки, привода подач, редуктора датчиков обратной связи — составляют меньшую долю (а именно около 20%), время на их устранение затрачивается такое же.

Вместе с простоями станков по техническим причинам существу­ют простои оборудования по организационным причинам. Эти про­стои на отдельных заводах по данным 1980 г. в два раза и более превышали простои по техническим причинам.

Вероятность безотказной работы станков с ЧПУ на 1978 г. сос­тавляла 0,93 при эксплуатации в течение года и 0,89 - после эксплуатации в течение 5 лет. Гарантийный срок службы к 1980 г. составлял свыше 10 лет. [1]

Надежность станков на стадии проектирования можно оцени­вать по результатам обобщения статистических данных по отказам прототипов, времени восстановления узлов, интенсивности износа и времени замены инструмента, а точностную надежность - рас­четом основных погрешностей станка, их изменения по времени и оценкой влияния каждой из них на точность станка в целом.

Специфика мероприятий общемашино­строительного направления определяется работой многих узлов станков в условиях несовершенного трения: в зоне попадания струж­ки, абразивной пыли, окалины и в условиях переменных режимов, в том числе с малыми скоростями, при которых гидродинамическое трение не обеспечивается.

К наиболее важным из этих мероприятий следует отнести: от­каз от открытых пар трения и совершенствование защиты; широкое применение пар качения и гидростатических, включая подшип­ники, направляющие, пары винт — гайка и др.; широкое примене­ние закалки ТВЧ и других видов поверхностных упрочнений; при­менение материалов, обладающих необходимой износостойкостью и сопротивлением заеданию в условиях

несовершенного трения и за­грязненной смазки; применение новых полимерных материалов, в частности, для направляющих — материалов на основе фтороплас­та 4 (с наполнителем бронзой, дисульфидом молибдена и др.), ком­позиционных быстротвердеющих материалов на основе эпоксидных смол и др.

Мероприятия по повышению *точностной надежности* вытекают из перечисленных выше факторов, определяющих эту надежность. Для уменьшения влияния износа на точностную надежность и дол­говечность станков применяют предварительный натяг; компенса­цию и самокомпенсацию износа; направление вектора смещений при износе и деформаций в сторону, мало влияющую на точность (оп­тимизация форм трущихся пар); перенос износа на детали или по­верхности, мало влияющие на точность (введение отдельного меха­низма подачи для нарезания резьбы, отдельных направляющих для задней бабки и т. д.).

Мероприятия но повышению *надежности автоматизированного производства:* оптимизация структуры автоматических линий и автоматизированных участков; включение автоматизированных уст­ройств контроля и измерения точности обработки деталей; примене­ние научно обоснованных методик приемо-сдаточных испытаний по параметрам надежности и производительности; внедрение сис­тем сбора и анализа отказов по сигналам от операторов; применение автоматизированной диагностики причин отказов и технического состояния станков с ЧПУ автоматизированных участков и др.

Оценка конструкции и работоспособности деталей и узлов станков по критериям точности, жесткости, теплостойкости, виброустойчивости, статической прочности может быть произведе­на в основном в процессе кратковременных (приемочных, лабора­торных) испытаний. Для определения надежности по критериям износостойкости, усталостной прочности, а также по ударной прочности в связи с перегрузками необходимы длительные эксплуа­тационные испытания или наблюдения.

Окончательная оценка надежности машин производится по ре­зультатам эксплуатационных наблюдений станкозавода в сотрудни­честве и на площадях заводов-потребителей станков. Учитывая пе­ременность условий работы станков, для получения достоверных результатов необходимо охватить наблюдениями достаточно боль­шое количество станков данной модели, работающих на нескольких заводах. Наблюдения должны производиться периодически через каждые три-четыре месяца работы станков сотрудниками групп на­дежности станкозаводов. К наблюдениям для фиксации отказов и простоя станка привлекают рабочих, обслуживающих станок.

Ускоренные испытания проводят в форсированных условиях. При этом наиболее важные узлы испытывают отдельно, а затем вместе со станком. По такой методике проводит контрольные испытания на надежность станков с ЧПУ фирма Moog Ltd (США). Механизм смены

инструмента, работающий с циклом 8 с, испытыва­ют непрерывно 5 ч, в течение которых позиционирование проис­ходит около 600 раз, и т. д. Общее время испытаний каждого стан­ка от начала монтажа до отгрузки потребителю составляет 100 ч. [1]

1. **Надежность промышленных роботов**

Серийное изготовление про­мышленных роботов в стране начато в конце шестидесятых годов. Их выпуск как у нас, так и за рубежом постоянно наращивается.

Непрерывно расширяются области применения роботов. Их ис­пользуют для перемещения деталей и заготовок, для установки заго­товок на станках и снятия готовых деталей. Широкие и перспектив­ные области применения — технологические процессы, неблаго­приятные для здоровья человека: окраска, сварка, литье и др. Кроме того роботы просто необходимо применять в тех областях, где присутствие человека ненужно или даже вредно (например, сборка микропроцессоров и других комплектующих персональных компьютеров). С по­вышением точности позиционирования осваивается использование роботов для процессов сборки, для механической обработки деталей. Например, роботы серии D-1000 фирмы Elac Ingenieurtechnic отличаются высокой жесткостью и возможностью восприни­мать внешние нагрузки, фиксируя положения осей после позицио­нирования с помощью механических тормозов. Это позволяет ис­пользовать роботы со сверлильными и фрезерными устройствами.

В роботах грузоподъемностью до 20 кг расширяется применение электропривода, преимущества которого по сравнению с гидро­приводом следующие: отсутствие утечек масла, малое подготови­тельное время (не нужен разогрев масла до рабочей температуры для точных работ), простота изготовления. Пневмопривод применяют главным образом в роботах, в которых перемещения рабочих орга­нов задаются жесткими, в большинстве случаев переналаживаемы­ми упорами (цикловая система управления).

В роботах значительной грузоподъемности преимущественно применяют гидропривод.

Конструктивные тенденции роботов: развитие модульных конст­рукций как роботов в целом, так и их сборочных единиц; расшире­ние применения электромеханических роботов с волновыми переда­чами, обеспечение выборки зазоров.

Роботы стремятся встраивать в гибкие автоматизированные ком­плексы, позволяющие автоматизировать серийное и мелкосерийное производство. Такие комплексы, как известно, включают технологическое оборудование (станки, прессы, роботы-перекладчики, уста­новочные роботы и т. д.), транспортные системы (конвейеры, тран­спортные роботы и т. д.), автоматизированные склады с кранамн-штабелерами. В этих системах удается организовать двух- и трех­сменную работу оборудования при высокой степени использования его машинного времени и ограниченном количестве обслуживаю­щего персонала. Чтобы добиться этого, от роботов требуется высо­кая надежность в интервалах времени между обслуживаниями.

Таким образом, для роботостроения характерно наращивание темпов выпуска вместе с повышением требований к точности, жест­кости и надежности роботов.

Роботы относятся к восстанав­ливаемым изделиям. Поэтому их надежность характеризуют сле­дующие основные показатели: *средняя наработка на отказ, среднее время восстановления работоспособного состояния, срок службы до капитального ремонта.*

Для отечественных роботов выпуска 1975—1982 гг. средняя наработка на отказ при цикловой системе управления составляла 400 ч, при позиционной системе управления — до 200. . .250 ч. [1] Для зарубежных роботов эти данные в литературе, как правило, отсутствуют.

Данных по среднему времени восстановления накоплено мало. Для робота «Универсал-50М» оно составляет около 40 мин.

Срок службы до капитального ремонта для роботов соответству­ет аналогичному показателю для станков. За рубежом вместо этого показателя используют расчетный срок службы, который для луч­ших роботов равен 20. . .40 тыс. ч, что при двухсменной работе со­ставляет 4. . .8 лет).

Отказы роботов могут быть разделены на три группы :

1) выз­ванные нарушением технологии изготовления отдельных элементов (дефекты зубчатых колес, утечка масла из соединений, люфт в меха­низмах, недостаточная точность изготовления направляющих ка­чения),

2) вызванные дефектами комплектующих изделий (пропада­ние контакта в цепи датчиков, самопроизвольное движение золот­ников гидроусилитетей и т. д.),

3) вызванные конструктивными не­достатками: отвинчивание стопорных гаек и ослабление затяжки резьбовых соединений, ненадежное крепление деталей, большое вре­мя прогрева масла и др., а также сбои (самопроизвольные остановки в точках позиционирования), связанные с нежесткой характеристи­кой привода в районе точки позиционирования. Отказы третьей группы обычно превалируют. Поэтому по мере отработки конструк­ции наработка на отказ повышается. Считается, что в среднем еже­годно она растет на 40%.

Чтобы повысить износостойкость и контактную прочность сопряжений, ограничивающих долговечность роботов, закаливают рабочие поверхности: втулок и валов, направ­ляющих качения, деталей передач винт—гайка качения и зубьев зубчатых колес. Для исключения попадания абразива в зону тре­ния предусматривают защитные устройства: телескопические щитки, растяжные гармошкообразные меха, защитные ленты и кожу­хи, манжетные уплотнения.

Износ также снижают исключением вредных нагрузок на опоры путем устранения статистической неопределимости систем. Так, мо­дули горизонтального и вертикального перемещений часто выпол­няют на шариковых направляющих. При этом конструкция имеет обычно три шариковых втулки, две из которых расположены на одном валу — основном, а одна — на другом — реактивном, вос­принимающем крутящий момент. Для этого вала предусматривают возможность радиального смещения его опор при монтаже, чтобы обеспечить параллельность валов.

К электродвигателям роботов и станков с ЧПУ предъявляются повышенные требования к величине момента, скорости разгона и остановки при минимальных габаритах и массе двигателя. Этим тре­бованиям удовлетворяют высокомоментные двигатели постоянного тока с постоянными магнитами. Лучшие параметры имеют двигате­ли с магнитами из редкоземельных материалов на основе самарий-кобальта. В двигателях выделяется значительное количество тепло­ты, которая часто не успевает отводиться из-за низкой скорости вращения вала. По этой причине в двигателях с плоским якорем из стеклотекстолита, на котором нанесена печатная обмотка, якорь иногда коробится. Возможны также отказы, связанные с пробоем изоляции и старением смазки. Чтобы отвести от электродвигателей большие потоки теплоты, в них возможно встраивать тепловые тру­бы

В процессе приемосдаточных испытаний для выяв­ления степени возможности появления функциональных отказов оценивают жесткость характеристики привода и люфт.

Чтобы оценить жесткость характеристик, до стыковки системы управления привода с манипулятором на электродвигатели манипу­лятора подают пониженное напряжение (0,05. . .0,1 от номинально­го) и измеряют ток. при котором происходит трогание и устойчивое движение по всем координатам. Если ток значительно меньше но­минального (например, 20%), то механическую характеристику считают жесткой.

Суммарный люфт кинематической и измерительной цепей изме­ряют, зажав в схват манипулятора иглу и груз, близкий к номиналь­ному. В рабочей зоне манипулятора закрепляют на технологиче­ской стойке экран с миллиметровой бумагой. Устанавливают иглу с грузом в точке позиционирования. По шкале миллиамперметра выставляют «ноль» с помощью регулировочного потенциометра. Вручную смещают иглу и схват по всем координатам до величин, при которых стрелка миллиамперметра начинает давать показания. Суммарный люфт иглы не должен превышать погрешности позицио­нирования, указанной в технических условиях

Для роботов обычно предусматривают проведение приработки с номинальным грузом, совмещая ее с приемосдаточными испыта­ниями. Время приработки в основном составляет 25. . .100 ч. [1]

Испытания на надежность обычно проводят на двух, трех экземп­лярах роботов из партии. На стадии испытаний опытных образцов или установочной партии проводят определительные, а при изготовлении серийной продукции — контрольные испытания на надежность. Периодичность контрольных испытаний обычно раз в два-три года. Для сокращения объема испытаний их проводят последовательным методом.

**Вывод**

Поскольку уровень надежности в значительной степени определяет развитие техники по основным направлениям, мы должны стремиться достичь высокой надежности технических средств, применяемых в технологическом процессе.

Но невозможно достичь высокой надежности и долговечности с непрогрессивным рабочим процессом и несовершенной схемой или несовершенными механизмами.

Поэтому первым направлением повышения надежности является обеспечение необходимого технического уровня изделий.

Кроме этого следует применять агрегаты с высокой надежностью и долговечностью, которые обеспечиваются самой природой, т.е. быстроходных агрегатов без механический передач, например, на электростанциях, агрегатов и деталей, работающих на чистом жидкостном трении или без механического контакта (электрическое торможение, бесконтактное электрическое управление); деталей, работающих при напряжениях ниже пределов выносливости, и др.

Также нужно использовать детали и механизмы, самоподдерживающие работоспособность: самоустанавливающихся, самоприрабатывающихся, самосмазывающихся, самонастраивающихся и самоуправляющихся системах.

Необходимо отметить, что переход на изготовление машин по строго регламентированной технологии заключает в себе резерв повышения надежности.

Этап конструирования системы является очень важным, поскольку на нем закладывается уровень надежности систем безопасности. При конструировании и проектировании следует ориентироваться на простые структуры, имеющие наименьшее количество элементов, поскольку сокращение количества элементов является существенной мерой повышения надежности.

Но уменьшение количества элементов не следует противопоставлять резервированию, как эффективному способу повышения надежности, но приводящему, на первый взгляд, к завышенному количеству элементов конструкции. Очевидно, что следует принимать компромиссное решение между необходимостью сокращения количества элементов и применением резервирования наименее надежных элементов. [2]

**Библиографический список**

1. Решетов Д.Н, Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. М. 1988.
2. Карпенко В.А., Васютенко А.П., Севриков В.В. Приводы измерительных приборов и автоматов и их надежность. К. 1996