

Бесплатно.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

РИЖСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

К л я в и н ь Ауструмс Рудольфович

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ
БЫСТРОХОДНЫХ ШВЕЙНЫХ МАШИН

01.02.06 — Динамика, прочность и надежность
машин, приборов и аппаратуры

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

РИГА — 1975

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ЛАТВИЙСКОЙ ССР

РИГСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

КЛЯВИНЬ Ауструмс Рудольфович

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ БЫСТРОХОДНЫХ
ШВЕЙНЫХ МАШИН

01.02.06 - Динамика, прочность и надежность
машин, приборов и аппаратуры

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

РИГА - 1975

Работа выполнена на кафедре деталей машин и ТММ Рижского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института

Научные руководители: Заслуженный деятель науки и техники ЛССР
кандидат технических наук, профессор

В.Я.Иваловский

кандидат технических наук, доцент

Н.К.Салениекс

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор В.П.Полухин (г.Москва)

кандидат физико-математических наук, доцент П.Б.Слиеде (г.Рига)

Ведущее предприятие:

Оршанский завод легкого машиностроения (г.Орша).

Автореферат разослан " " 1975 г.

Защита диссертации состоится 14 апреля 1975 г.
в 14 час.15 мин. на заседании Совета по присуждению ученых степеней факультетов приборостроения и автоматизации, строительного и механико-машиностроительного Рижского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института (аудитория № 201, ул.Ленина,1).

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале библиотеки РПИ (ул.Ленина,1а).

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу:

г.Рига 226355, ул.Ленина,1, Ученому Совету РПИ.

Ученый секретарь Совета

П.Г.Ермолин

В швейной промышленности проблема обеспечения и повышения надежности технологического оборудования приобретает особое значение в связи с широкой комплексной механизацией и автоматизацией производственных процессов. Непрерывное увеличение производительности, достигаемое за счет введения скоростных режимов и выполнения одновременно нескольких операций из одной машины, выдвигает на первый план эту проблему, так как повышение надежности быстроходных швейных машин позволяет снизить простой, повысить производительность труда, сократить затраты на ремонт и, в общем итоге, дает большой экономический эффект. В связи с этим растут требования к методам определения надежности.

В изучении надежности технологического оборудования легкой промышленности значительный вклад внесли И.И.Капустин, Л.Я.Махлевич, М.И.Зиняткин, а в исследованиях швейных машин - В.П.Полухин, О.Н.Поболь, В.В.Рачок, В.А.Зайцев, Г.С.Навасардян, В.А.Денисова, М.Н.Жарелин и др. Однако применяемые в настоящее время методы исследования и определения надежности швейных машин основаны главным образом на изучении информации о наблюдаемом потоке отказов. Специфические особенности функционирования машин учитываются недостаточно, в связи с чем представляется возможным определить в основном показатели эксплуатационной надежности в целом и не всегда удается четко установить причины таких, наиболее часто встречающихся отказов как, например, отказов по причине обрыва игольной нити, которые, как известно, в быстроходных машинах вызывают значительные потери машинного времени.

Результаты работ В.И.Сергеева, Х.Б.Кордонского, И.Б.Герцбаха, Н.К.Салениекса, А.В.Звиедриса и др. показывают, что более совершенными являются методы определения параметрической надежности. Изучение изменений основных технических параметров, отражаяших протекающие в машинах изменения физико-химических процессов, дает возможность детально представить характер эволюции технического состояния машин. Учитывая, что процессы старения в реаль-

ных условиях и режимах эксплуатации имеют случайный характер, естественным является представление изменений параметров в виде случайных функций.

Данный подход позволяет выявить причины возникновения отказов по отдельным параметрам, определить достоверные показатели параметрической надежности, проводя испытания небольшой выборки на сравнительно короткой базе времени функционирования и разработать эффективные мероприятия по повышению надежности машин.

Отсутствие методов определения параметрической надежности быстроходных швейных машин выдвигает необходимость проведения исследований в этой области.

Выявление основных технических параметров, характеризующих работоспособность быстроходных швейных машин, является центральной задачей в исследованиях их параметрической надежности и немыслимо без изучения процесса образования стежка. Решению этой задачи способствовали работы С.И.Русакова, Ф.И.Червякова, В.Н.Сумарокова, в которых изложены общие вопросы процесса образования машиноного стежка, и работы А.И.Комиссарова, В.П.Полухина, В.В.Рачка, М.Н.Иванова, И.В.Лопандина, И.В.Сафоновой, О.Н.Гордеева, В.А.Пищикова и др., посвященные изучению взаимодействия стежкообразующих механизмов и нити в процессе образования стежка.

Основная цель диссертационной работы – выявление основных технических параметров, характеризующих надежность быстроходных швейных машин, разработка методов определения изменений этих параметров и разработка методики оценки параметрической надежности. В соответствии с целями исследования формулируются следующие задачи.

1. Разработка методики исследования взаимодействия стежкообразующих механизмов и игольной нити в процессе образования стежка.

2. Разработка расчетной модели для оценки контролируемых параметров в процессе образования стежка.

3. Выявление причин, вызывающих основной поток сбоев функционирования по каждому из основных технических параметров.

4. Разработка математических моделей сбоев и отказов по отдельным причинам и разработка методики количественной оценки параметрической надежности.

5. Разработка способов, аппаратуры и методики регистрации изменений технических параметров.

6. Разработка методики определения значений параметров регулировки отдельных устройств машины.

7. Разработка рекомендаций, направленных на повышение параметрической надежности быстроходных швейных машин.

Работа осуществлялась на примере промышленной швейной машины 97 класса ГОСТ 5.325-69 производства Оршанского завода легкого машиностроения.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и приложений.

I. Изучение взаимодействия стежкообразующих механизмов и игольной нити.

Машинный стежок образуется в результате взаимодействия стежкообразующих механизмов и нити. В момент затяжки стежка между регулятором натяжения (тормозом) и сшиваемым материалом находится определенный по длине отрезок игольной нити. В пределах цикла нитепрятягиватель, челнок, игла и подвижные нитеводители как отпускают, так и набирают определенное количество этого отрезка. Однако на любом этапе образования стежка может оставаться еще некоторая неиспользованная его часть, то есть некоторый запас (напуск) нити, несвязанный с деталями механизмов. Зарегистрировав в пределах цикла изменения этого запаса, получают характеристику использования игольной нити.

Разработаны два способа непосредственной регистрации характеристики на швейной машине при помощи самопишущего устройства, которые позволяют получать диаграмму использования игольной нити (рис. I). Обычно записывают кривые двух последующих циклов (кривая I и II) и отмечают на диаграмме угловые положения главного вала ψ_k , ψ_s , ψ_{np} и ψ_{kp} соответственно фиксирующих ситуацию захвата петли носиком челнока, ситуацию повторного захвата, начало и окончание подачи материала.

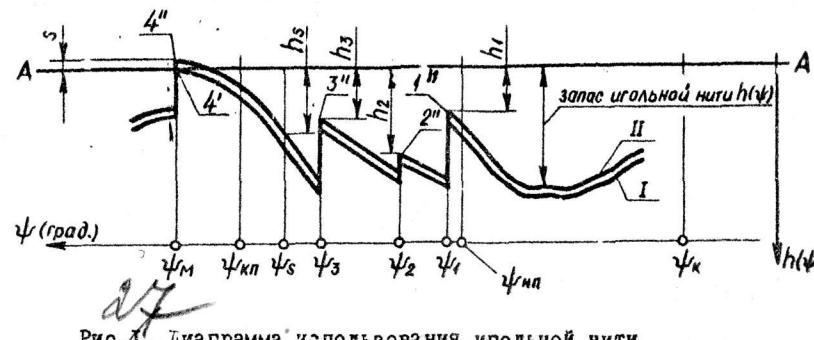


Рис. 1. Диаграмма использования игольной нити швейной машины 97 класса.

Максимум $4''$ кривой I определяет величину отрезка нити между тормозом и сшиваемым материалом в момент затяжки предыдущего стежка. Поэтому отклонения кривой II от линии отсчета А-А, проведенной от этого максимума, определяют запас игольной нити $h(\psi)$ на каждом этапе образования стежка в рассматриваемом цикле. В зоне $\psi = 0^\circ \dots 50^\circ$ углового поворота главного вала машины график не записывается¹. На этом этапе игла перемещается вверх из крайнего нижнего положения и происходит образование, захват и начальное расширение петли. В начале зоны $\psi = 50^\circ \dots \psi_1$, где происходит расширение петли, наблюдается некоторое увеличение $h(\psi)$. Потом запас игольной нити постепенно уменьшается, — начинается обвод петли вокруг шпульодержателя. Минимальное значение h_1 запаса наблюдается при угле ψ_1 , когда петля, направленная козырьком шпульодержателя, соскальзывает с поверхности носика челнока на носик накладной пластины. В этот момент запас $h(\psi)$ резко увеличивается, чему на диаграмме соответствует скачок кривой в точке I'' . До окончательного освобождения челноком игольной нити аналогичное явление, то есть постепенное уменьшение с последующим резким увеличением $h(\psi)$, повторяется еще дважды. При этом минимальное значение h_2 и h_3 запаса $h(\psi)$ наблюдается при углах ψ_2 и ψ_3 , когда соответственно закан-

Характеристики использования игольной нити швейных машин 97 класса изображают в III квадранте. Это обуславливается способом ее непосредственной регистрации на машине.

0° соответствует положению главного вала, когда игловодитель находится в крайней нижней точке.

чивается проход нити через желобок шпульодержателя и происходит сброс петли с накладной пластины. В дальнейшем нитепрятгиватель выбирает нить из-под игольной пластины, затягивает стежок и освобождает нить для нового цикла. На диаграмме этому соответствует участок кривой в зоне $\psi_3 \dots \psi_m$ и скачок ее в точке $4''$. В момент, когда носик челнока проходит через зону захвата повторно (при угле ψ_6), длина нити под игольной пластиной зависит от величины находящегося в рабочей зоне машины запаса $h(\psi)$ в этот же момент, то есть расстояния h_5 на диаграмме. Величина s — это количество нити, израсходованное для образования стежка.

На основе результатов проведенных исследований швейных машин 97 класса по диаграммам использования игольной нити установлено, что характер кривых и значения отдельных параметров диаграммы ($h_1, h_2, h_3, h_5, \psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_5, \psi_m$ и s на рис. I) меняются в зависимости от изменения форм рабочих поверхностей деталей стежкообразующих механизмов и устройств, их взаимной ориентации, толщины и подачи сшиваемого материала, перемещения иглы и других факторов, имеющих место в реальном процессе образования стежка. Это позволяет применять разработанный метод как для оценки действительного технического состояния, так и разработки методов регулировки швейных машин.

2. Расчетная модель для оценки контролируемых параметров в процессе образования стежка.

Кривые характеристики на диаграмме использования игольной нити (I и II на рис. I) показывают изменения находящегося в рабочей зоне швейной машины запаса $h(\psi)$ игольной нити без учета функционирования компенсаторной пружины. С учетом этого влияния запас $h(\psi)$ может быть представлен как

$$h(\psi) = h_c(\psi) + h_H(\psi), \quad (I)$$

где $h_c(\psi)$ — запас, связанный с пружинным компенсатором (в дальнейшем — "связанный запас"),
 $h_H(\psi)$ — несвязанный запас.

Представление запаса $h(\psi)$ в виде суммы (I) и результаты проведенных исследований методом скоростного фотографирования установкой СФР-Л-1 позволили разработать расчетную модель для оценки контролируемых параметров в процессе образования стежка.

Согласно модели (рис.2) в начале очередного цикла до углового положения ψ_{10} главного вала

$$h_c(\psi) = h_c(\psi)_{max} = const, \quad (2)$$

$$h_H(\psi) > 0,$$

так как в рабочей зоне машины имеется сравнительно большой запас игольной нити и компенсаторная пружина находится у верхнего упора. В некоторый момент, при ψ_{10} весь несвязанный запас $h_H(\psi)$ полностью израсходован и дальнейшее уменьшение $h(\psi)$, наблюдаемое на участке $\psi_{10} \dots \psi_1$, вызывает рост натяжения нити. До положения ψ_1 потребность нити для обвода петли вокруг шпулодержателя обеспечивается за счет упругих деформаций нити и освобождения пружиной связанныго запаса. Поскольку уменьшение $h(\psi)$ происходит с большой скоростью, то из-за инерции пружины освобождение запаса $h_c(\psi)$ опаздывает, что вызывает значительный рост сил натяжения нити. Поэтому, начиная с ψ_1 , когда отставание освобождения пружиной запаса не может быть компенсировано деформациями нити, в рабочей зоне машины образуется недостаток игольной нити.

Графически это изображено на рис.2, где в диапазоне $\psi_{10} \dots \psi_1$ при любом ψ расстояние $b(\psi)$ определяется величину упругих деформаций нити, а отклонение $s_t(\psi)$ между кривыми b_2b_3 и b_2c_1 — недостаток игольной нити. Компенсация недостатка происходит втягиванием нити через тормоз в рабочую зону машины. Вследствие этого запас $h(\psi)$ увеличивается на величину $s_t(\psi)$, а линия отсчета А-А' переходит на некоторый другой "уровень" А'-А''. Величина $s_t(\psi)$ учитывает удлинение нити в результате ее остаточных деформаций.

В дальнейшем, при уменьшении $h(\psi)$ (выступы 2,3,4 на рис.2), процесс образования стежка может быть описан аналогично.

Представленная на рис.2 модель описывает процесс образования стежка при значительном натяжении пружины. При среднем или небольшом натяжении пружины, как это подтверждают результаты скоростного фотографирования, недостаток игольной нити наблюдается только на этапах обвода петли вокруг шпулодержателя и

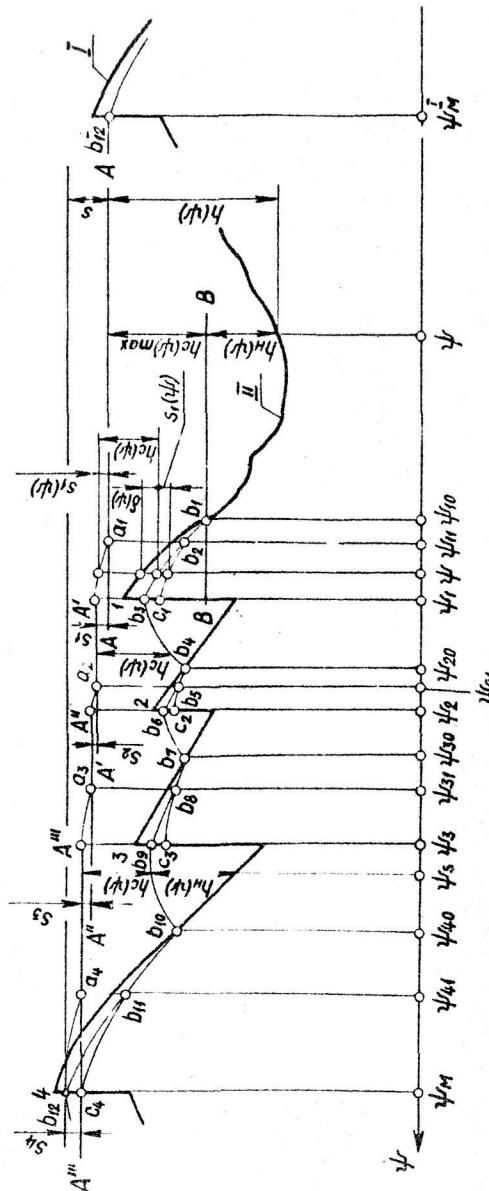


Рис.2. Расчетная модель для оценки контролируемых параметров в процессе образования стежка, когда натяжение компенсаторной пружины значительное.

затяжки стежка I. (выступы I и 4 на рис.2).

Разработанная модель описывает процесс образования стежка в среднем. Реальный процесс характеризуется наличием случайных флуктуаций, появляющихся в результате воздействия множества факторов, таких как неоднородность нити, червякомерность хода и колебания рукава машины, неопределенность расположения нити на поверхностях ните направляющих деталей, изменения сил трения и инерции и т.д. Поэтому естественным является представление запаса $h(\psi)$ и его составляющих в виде случайных функций.

3. Исследование параметрической надежности.

В быстроходных швейных машинах основной поток сбоев функционирования образуется обрывами игольной нити. При однородном качестве нити причинами одного и того же проявления сбоев — обрыва нити могут быть как недостаток, так и повторный захват иголькой нити носиком челюсти. В процессе функционирования можно оценить только интенсивность появления сбоев. При исследовании качества регулировки швейных машин необходимо оценить интенсивность обрывов по каждой из возможных причин. Для решения этой задачи разработаны математические модели отказов, которые позволяют определить интенсивность обрывов нити на основе зарегистрированной при испытании информации о характере поведения основных технических параметров в процессе функционирования.

Учитывая то, что для обеих моделей сбоев непосредственное измерение основных технических параметров, то есть длины петли и натяжения нити, при функционировании машины не представляется возможным, использованы косвенные методы. Разработаны математические модели, в которых основные технические параметры выражены через другие параметры, регистрация изменений которых представляется возможным бесконтактным методом — скоростным фотографированием.

Использованное естественное представление технических параметров в виде случайных функций времени функционирования позволило решать задачи по определению показателей параметрической надежности методами теории выбросов случайных функций.

IV некоторых случаях недостаток игольной нити при затяжке стежка не наблюдается. Это происходит в случае, если количество нитей втянутое в рабочую зону машины при обводе петли вокруг шпульки захвата, является достаточным для дальнейшего образования стежка.

В тех случаях, когда в качестве отказа квалифицируется первый сбой функционирования, надежность по каждому из основных технических параметров может быть оценена функцией

$$R_{\nu_r}(T) = e^{-\int_0^T \nu_r(t) dt}, \quad (8)$$

которая является достаточно хорошей нижней границей для функции надежности

$$R_r(T) = P\{\tau > T\} = e^{-\int_0^T \lambda_r(t) dt}, \quad (4)$$

где $\nu_r(t)$ и $\lambda_r(t)$, соответственно, интенсивность выбросов и интенсивность первых выбросов за установленные пределы случайной функции $X_r(t)$, интерпретирующую изменения t -того исследуемого основного технического параметра в процессе функционирования машины.

Вероятность безотказной работы по причине повторного захвата и не отстака игольной нити может быть оценена функциями $R_{\nu_2}(T)$ и $R_{\nu_1}(T)$, значения которых для любого T могут быть определены на основе оценок вероятностных характеристик, полученных по результатам измерения изменений технических параметров с применением соответствующих процедур математической статистики. Так, например, по оценкам показателей параметрической надежности видно (табл. I), что при данной регулировке в течение промежутка наблюдения $T = \Delta$ основную долю сбоев составляют обрывы по причине недостатка нити.

Таблица I

Оценки показателей надежности

Ном.р параметра r	Причины появления сбоев функционирования	Оценки показателей надежности		$\tilde{R}_{\nu_r}(\Delta)$	$\tilde{R}_{\nu_\Sigma}(\Delta)$
		$\tilde{\nu}_r$ [1/стежок]	$\tilde{R}_{\nu_r}(\Delta)$		
1	Повторный захват	$0,049 \cdot 10^{-3}$	0,972		
2	Недостаток игольной нити	$0,294 \cdot 10^{-3}$	0,843		0,815

Условия испытаний: 1) скорость шитья - 5000 стеж./мин.
2) длина стежка - 2,5 мм, 3) сшиваемый материал - ткань х/б,
4) нити - 1/8, матовые №80, три сл., кр. - Z, 5) игла - 38 №90.

В случаях, когда в качестве отказа принимается первый сбой, получают слишком заниженные оценки вероятности безотказной работы. Оценка $R_{yx}(\Delta) = 0,815$ получена при наработке $\Delta = 10,2$ мин. Такая оценка является не очень представительной при исследовании надежности в процессе эксплуатации машин. Так как, например, ГОСТ 5.325-69 швейным машинам 97 класса допускает некоторые редкие обрывы нити, то в качестве показателей надежности следует принимать другие, более естественные для процесса эксплуатации функционалы. Например, при той же сравнительно низкой оценке $R_{yx}(\Delta) = 0,815$ в среднем наблюдаются только $\bar{n}(\delta) = 0,2$ обрывов нити за отрезок времени δ израсходования одной шпульки нити, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТА (допускается $n(\delta) = 2$).

Поэтому модели отказов для определения параметрической надежности в процессе эксплуатации целесообразно строить на основе некоторых показателей неэффективности, например, таких как число сбоев (обрывов игольной нити) на интервале времени $[t, t+\delta]$, то есть число выбросов $i_{n_r}(t, \delta)$ i -той реализации случайной функции $X_r(t)$ за допустимые пределы $[i_{a_r}(t), i_{u_r}(t)]$:

$$i_{n_r}(t) = \int_{t+\delta}^t i_{v_r}(t) dt, \quad (5)$$

где интенсивность пересечений $i_{v_r}(t)$ для i -той швейной машины определяется как

$$i_{v_r}(t) = i_{v_r^+}(t) + i_{v_r^-}(t), \quad (6)$$

здесь $i_{v_r^+}(t)$ и $i_{v_r^-}(t)$ – интенсивности пересечений реализацией $i_{X_r}(t)$ пределов $i_{a_r}(t)$ и $i_{u_r}(t)$ соответственно снизу вверх и сверху вниз в момент t времени функционирования.

Временем безотказной работы по параметру r в данном случае является время $i_{\tau_{er}}$ эффективной работы, то есть время, в течение которого соответствующий показатель неэффективности работы машины не превышает допустимого уровня, например, число обрывов нити $i_n(t, \delta)$ не превышает заданного техническими условиями допустимого значения $n(\delta)$.

На основе построенных таким образом моделей отказов можно осуществлять прогнозирование надежности для всего ансамбля исследуемых швейных машин в целом, путем определения вероятности эффективной работы как

$$R_{er}(T) = P\{\tau_{er} > T\}, \quad (7)$$

или осуществить индивидуальное прогнозирование надежности путем вычисления ожидаемого времени $i_{\tau_{er}}$ эффективной работы, что определяется как корень уравнения

$$i_n(t, \delta) = n(\delta). \quad (8)$$

Прогнозирование осуществляется экстраполяцией отдельных функционалов или их вероятностных характеристик, характер изменения которых определен на основе результатов измерения изменений технических параметров за время сравнительно коротких испытаний на надежность небольшой выборки швейных машин.

4. Методы и аппаратура экспериментальных исследований.

Определение ординат исследуемых случайных функций осуществлялось бесконтактным методом регистрации: скоростным фотографированием установкой СФР-Л-1. Скорость съемки: 10000...60000 изобр./сек. Учитывая, что установка предусмотрела для ф.ографирования самосветящихся объектов, расположенных относительно отдаленно от съемочной камеры, решены следующие задачи: обеспечена синхронизация съемки с функционированием швейной машины и освещение объекта съемки, увеличен масштаб изображений, устранено повторное экспонирование кадров.

Синхронизация съемки с исследуемым положением механизмов осуществлялась, используя режим спаренной работы двух установок. Блок-схема модифицированной установки СФР-Л-1 показана на рис.3.

С целью увеличения масштаба изображений оптическая система камеры СФР-Л-1 дополнена удлиненным тубусом и к ней разработаны специальные оптические приставки, позволяющие производить синхронную съемку отдаленных друг от друга областей исследуемой машины.

Повторное экспонирование кадра устраивалось выбором соответствующих скоростей вращающегося зеркала камеры.

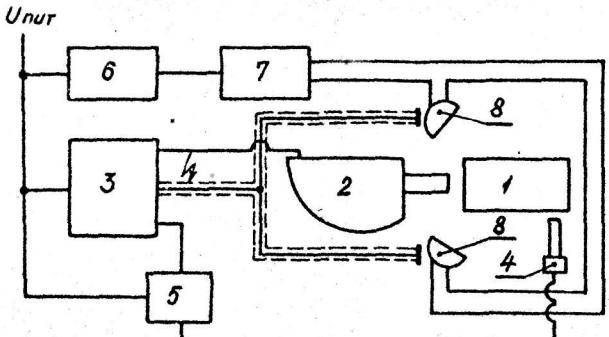


Рис.3. Схема модифицированной установки СФР-Л-1.

- 1 - испытательный стенд с исследуемой машиной;
- 2 - съемочная камера;
- 3 - пульт управления;
- 4 - датчик положения;
- 5 - усилитель-формирователь сигнала датчика;
- 6 - блок питания;
- 7 - конденсаторные батареи;
- 8 - импульсная лампа ИФК-2000.

Разработаны испытательный стенд, система отсчета и схемы измерения синхронно отснятых областей А, В, С (рис.4) машины. Разработанные в соответствии с математическими моделями схемы измерения отснятых изображений позволяют регистрировать изменения ординат исследуемых случайных функций.

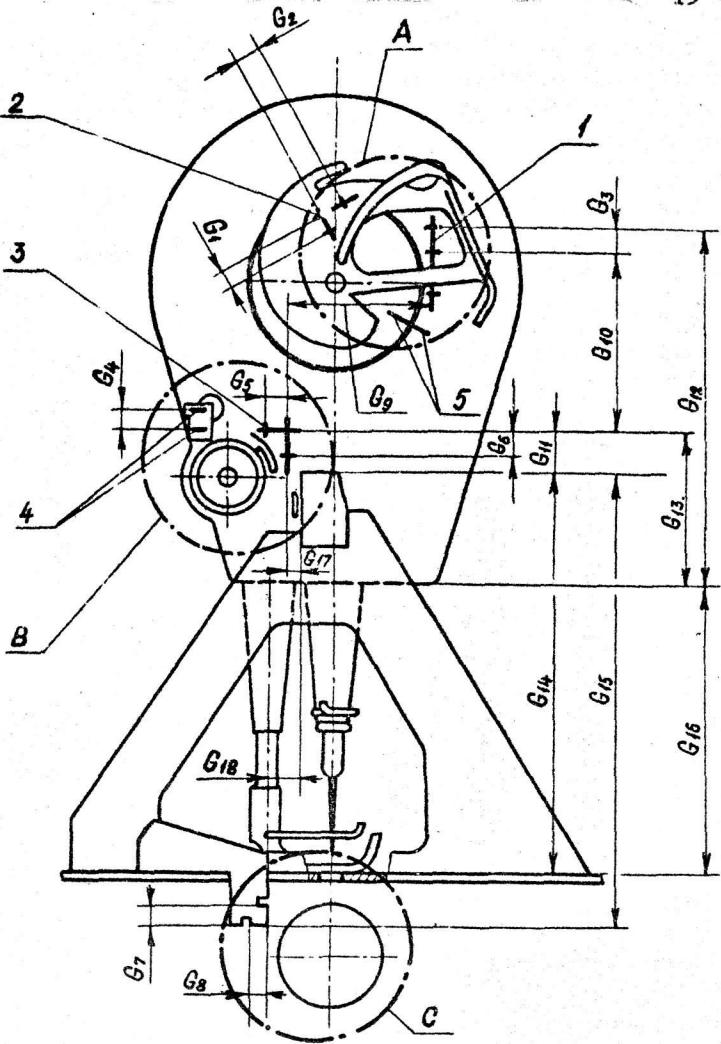


Рис.4. Система отсчета.

- А, В, С - области синхронного фотографирования;
- 1, 2, 3 - метки, нанесенные на деталях машины для регистрации размеров и расчета масштабов;
- 4 - система отсчета для регистрации втягивания нити в рабочую зону машины;
- 5 - метки для регистрации углового положения главного вала машины;
- G₁...G₁₈ - размеры для расчета масштабов и разработки схем измерения изображений.

для регистрации характеристик использования игольной нити разработаны самопишущие устройства, позволяющие зарегистрировать диаграммы использования игольной нити непосредственно на швейной машине.

5. Определение параметров регулировки пружинного компенсатора.

Согласно разработанной модели (рис.2) регулировку пружинного компенсатора необходимо осуществлять так, чтобы:

- 1) натяжение игольной нити на этапах возникновения недостатка было минимальным,
- 2) в ситуации повторного захвата (при ψ_s) была обеспечена максимальная величина связанных запасов $h_c(\psi)$.

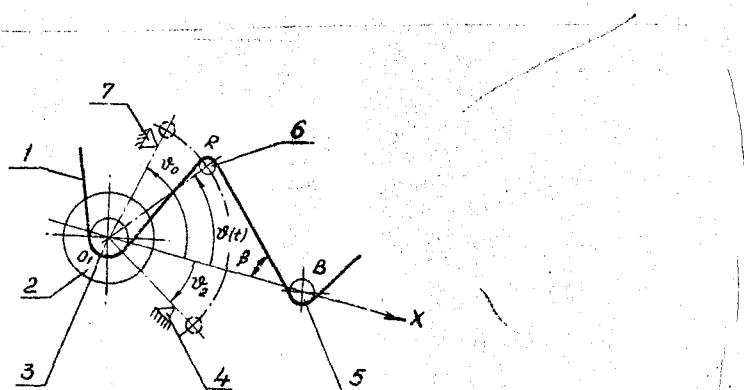


Рис.5. Схема регулятора натяжения игольной нити.

1 - игольная нить; 2 - тормоз; 3 - шпилька натяжения пружины; 4 - нижний упор; 5 - нитеводитель; 6 - компенсаторная пружина; 7 - верхний упор.

При решении задачи принято, что конец компенсаторной пружины R (рис.5), связанный с игольной нитью, перемещается по окружности, центр которой совпадает с центром O_1 регулятора натяжения, а движение пружины происходит как вращение твердого тела.

В начале цикла компенсаторная пружина находится у верхнего упора. В момент, когда несвязанный запас $h_{\text{н}}(\psi)$ израсходован (при ψ_{10} на рис.2), начинается движение пружины, определяемое характером изменения запаса $h(\psi)$. В момент t_1 , что соответствует минимальному значению запаса h_1 при ψ_1 , угловая координата и скорость пружины определяются как

$$\vartheta_1 = \arccos \frac{2\varphi(l+h_1)-h_1(2l+h_1)}{2\varphi l}, \quad (9)$$

$$\dot{\vartheta}_1 = \frac{\sqrt{l^2 + \varphi^2 - 2l\varphi \cos \vartheta_1}}{l(\varphi \sin \vartheta_1)} \cdot \dot{h}_c, \quad (10)$$

где φ - радиус траектории конца R пружины,
 l - расстояние между центрами регулятора натяжения и нитеводителя,
 \dot{h}_c - скорость изменения связанных запасов.

Дальнейшее движение пружины вследствие ее инерции описывается уравнением

$$I\ddot{\vartheta} + c(\dot{\vartheta} - \theta) = 0, \quad (II)$$

решение которого имеет вид

$$\vartheta = A \sin(pt + \gamma_1) + \theta, \quad (12)$$

где I - приведенный момент инерции пружины относительно точки O_1 ,

c - жесткость пружины,
 $\vartheta, \dot{\vartheta}$ - угловая координата пружины и ее вторая производная по времени,

- θ — угол закручивания пружины при $\vartheta = 0$; в исходном положении $\vartheta = \vartheta_0$ пружина закручена на $\theta - \vartheta_0$,
- A_1, ϑ_1 — амплитуда и фаза колебательного движения, определяемые начальными условиями согласно (9), (10),
- $p = \sqrt{\frac{c}{I}}$ — частота собственных колебаний пружины.

После соударения пружины о нижним упором движение пружины описывается выражением, аналогичным (12). При этом новые значения амплитуды и фазы получают, принимая, что угловые скорости пружины до и после удара связаны коэффициентом восстановления λ .

За начало следующего этапа принят момент соприкосновения пружины с нитью при $\vartheta_3 = 0$, а дальнейшее движение пружины описано уравнением

$$I\ddot{\vartheta} + c(\vartheta - \theta) = M, \quad (13)$$

где M — момент от сил натяжения нити, возникающих из-за инерции нити.

Получено выражение для M , которое явно нелинейно, что делает решение (13) точными методами невозможным. Однако разложением M в ряд Тейлора, удерживая при этом только первые линейные члены ряда, приближенно получают, что

$$I\ddot{\vartheta} + (c+d)\dot{\vartheta} = c\theta, \quad (14)$$

где

$$d = \frac{m_h l^2 \varrho^2}{(l-\varrho)^2} e^{\mu \alpha} \dot{\vartheta}.$$

Здесь m_h — масса находящейся в рабочей зоне машины игольной нити,

α — угол схватка нитью нитеводителя.

Решение (14) имеет вид

$$\vartheta = A_3 \sin(p_1 t + \vartheta_3) + \frac{c}{c+d} \theta, \quad (15)$$

где

$$p_1 = \sqrt{\frac{c+d}{I}}.$$

На основе полученных выражений, описывающих движение пружины, разработана методика расчета значений параметров регулировки пружинного компенсатора. Согласно методики определяют закручивание (натяжение) θ и координату положения нижнего упора ϑ_2 . Остальные параметры принимают заданными из условий необходимого количества связанных запасов конструкции машины и применяемой для питья нити. В основу расчета заложены следующие требования:

- 1) пружина должна начать выбирать запас нити в момент t_3 , когда игольная нить полностью освобождена челноком (при ϑ_3 на рис.2).
- 2) время t_4 выбирания несвязанного запаса должно быть минимальным, что обеспечивает наибольший связанный запас в ситуации (в момент t_5 рис.6) повторного захвата (при ϑ_2 на рис.2).

Разработана программа для расчета параметров регулировки на ЭЦВМ.

Методика иллюстрируется на примере твейной машины 97 класса. Принято, что $\lambda = 0,3$, $\mu = 0,4$, а $\vartheta = 13,0$ мм, $l = 25,2$ мм, $\vartheta_0 = 1,05$ и $1,31$ рад, $\alpha = 1,75$ рад, $m_h = 0,02$ г, $c = 16,48$ Г.м \cdot сек $^{-2}$, $I = 68,3$ г \cdot мм 2 (согласно существующей конструкции машины). Заданы диапазоны возможных изменений параметров $\vartheta_2 = 0, \dots, -1,5$ рад, $\theta = 1,0, \dots, 7,5$ рад, значения параметра регулировки машины h_1 (рис.2) принято 6,7 и 8 мм. Для скорости работы 5000 стежков/мин по диаграмме использования игольной нити (рис.2) определено, что $t_3 = 0,17 \cdot 10^{-2}$ сек, а $\dot{h}_c = -0,3 \cdot 10^5$ мм \cdot сек $^{-1}$. Результаты расчета представлены в таблице 2 и на рис.6.

Таблица 2

Результаты расчета компенсаторной пружины.

h_1 мм	Угловая скорость пружины в начале соответсв. этапов движ.			ϑ_2 [рад.]	ϑ_0 [рад.]	
	$\dot{\vartheta}_1$	$\dot{\vartheta}_2^+$	$\dot{\vartheta}_3$		t_4 [сек. $\times 10^{-3}$]	t_4 [сек. $\times 10^{-3}$]
	[рад. \cdot сек. $^{-1} \times 10^3$]					
6,0	-2,41	0,715...0,662	0,772...0,973	-0,786...-0,828	1,45...1,00	4,95...1,26
7,0	-2,35	0,698...0,643	0,753...0,944	-0,744...-0,779	1,48...1,03	2,00...1,29
8,0	-2,32	0,689...0,632	0,742...0,923	-0,713...-0,741	1,51...1,04	2,03...1,31

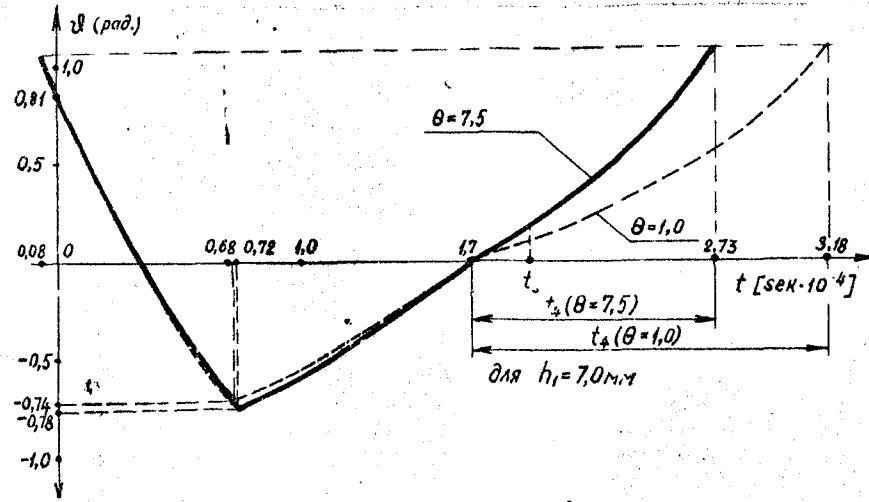


Рис.6. Характер изменения функции $\varphi(t)$ при $\theta = 1,0$ и $7,5$ рад.

По приведенным результатам расчета видно, что координата положения нижнего упора мало зависит от натяжения пружины. Однако уменьшение натяжения вызывает значительное запаздывание выбора пружиной игольной чити в ситуации повторного захвата (при t_s на рис.6). Очевидно, что при заданных параметрах регулировки и скорости работы машины существует некоторое оптимальное положение нижнего упора. Установлено, что с ростом натяжения пружины время t_s значительно уменьшается. Поэтому натяжение Θ следует выбрать максимально допустимым, исходя как из условий прочности нити, так и из технологических требований, предъявляемых к образуемой строчке.

Основные выводы и заключения

1. Основные параметры, характеризующие техническое состояние и работоспособность быстроходных швейных машин, определяются изучением взаимодействия стежкообразующих механизмов и нити; более полное исследование изменений этих параметров в процессе функционирования машин представляется возможным методами теории случайных функций и математической статистики.

2. Разработаны и апробированы методы непосредственной регистрации характеристики использования игольной нити в процессе образования стежка в виде наглядных и удобных для исследования диаграмм.

3. Диаграммы использования игольной нити отражают взаимодействие стежкообразующих механизмов и игольной нити в реальном процессе образования стежка; это дает возможность:

а) исследовать исходное техническое состояние и качество регулировки швейных машин;

б) разработать методы объективной оценки регулировки швейных машин;

в) моделировать процесс образования машинного стежка в процессе функционирования.

4. Разработана расчетная модель для оценки контролируемых параметров в процессе образования стежка, которая позволяет:

а) выявить основные причины, вызывающие параметрические сбои и отказы функционирования быстроходных швейных машин.

б) разработать математические модели отказов по таким причинам как повторный захват и недостаток игольной нити;

в) разработать методы определения параметров регулировки отдельных механизмов и устройств машины.

5. Разработанные с применением методов теории выбросов случайных функций математические модели отказов и методика определения эффективности и параметрической надежности по причине повторного захвата и недостатка игольной нити позволяют получить требуемые оценки показателей надежности и прогнозировать параметрическую надежность, проводя испытания на сравнительно короткой базе времени функционирования небольшой выборки швейных машин.

6. Разработанная методика определения значений параметров регулировки пружинного компенсатора применима для любой заданной регулировки и скорости функционирования машин.

7. Разработанные схемы измерения, аппаратура регистрации, программы для обработки результатов испытаний на ЭЦВМ значительно сокращают время, необходимое для проведения надежностных испытаний.

8. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан и апробирован на Оршанском заводе легкого машиностроения способ регулировки швейных машин 97 класса.

9. Предлагаемые методы исследования и методы определения параметрической надежности могут быть внедрены в условиях заводских лабораторий как на заводах-изготовителях, так и на предприятиях швейной промышленности.

Материалы по диссертации докладывались:

- на республиканской конференции "Молодые ученые вузов Республики - народному хозяйству", г.Рига, 1970 ;
- на научной конференции профессорско-преподавательского состава РПИ, 1971 ;
- на постоянно действующем семинаре кафедр приборостроения и деталей машин и ТММ "Микрогеометрия и эксплуатационные свойства машин", г.Рига, 1972, 1973, 1974 ;
- на Всесоюзной научно-технической конференции "Современное состояние и перспективы высокоскоростной фотографии, кинематографии и метрологии быстропротекающих процессов", г.Москва, 1972;
- на научном семинаре секции швейного оборудования ВНИИТЕКМАШ, г.Москва, 1973.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Исследование регулировки и отказов швейных машин 97 класса. Тезисы докладов I Латв.НТК "Молодые ученые вузов республики - народному хозяйству", Рига, 1970. (соавтор В.Р.Приедниекс).

2. Характеристика использования нити в швейных машинах. -В кн.: Надежность механических систем. Вып.4, Рига, РПИ, 1971 (соавторы А.В.Звиедрис, Н.К.Салениекс).

3. Исследование регулировки швейных машин 97 класса по диаграммам использования нити. -В кн.: Надежность механических систем. Вып.4. Рига, РПИ, 1971 (соавтор В.Р.Приедниекс).

4. Исследование функционирования устройства натяжения верхней нити швейной машины 97 класса. -В кн.: Надежность механических систем. Вып.4, Рига, РПИ, 1971.

5. Погорный захват игольной нити. -В кн.: Надежность механических систем. Вып.4, Рига, РПИ, 1971 (соавтор Н.К.Салениекс).

6. Недостаток игольной нити в швейных машинах 97 класса. В кн.: Надежность механических систем. Вып.6, Рига, РПИ, 1972 (соавтор Н.К.Салениекс).

7. Высокоскоростное фотографирование быстродействующих механизмов установкой СФР-Л-1. Тезисы докладов ВНТК "Современное состояние и перспективы высокоскоростной фотографии и метрологии быстропротекающих процессов", г.Москва, 1972 (соавторы Я.Р.Мазайс, Н.К.Салениекс).

8. Диаграмма использования игольной нити. -В кн.: Машиностроение легкой промышленности, № 3, М., 1974 (соавторы В.В.Рачок, Н.К.Салениекс).

9. Способ определения характеристики использования игольной нити в швейных машинах. Авторское свидетельство СССР, кл. D 05 b 45/00, № 324322. Заявл. 12.IX.1969. Опубл. 23.XII.1971 БИ №2.1972 (соавторы А.В.Звиедрис, Н.К.Салениекс).

10. Способ регулирования швейных машин. Авторское свидетельство СССР, кл. D 05 b 69/24, № 442252. Заявл. 20.IX.1971. Опубл. 5.IX.1974 БИ №33.1974 (соавторы В.Р.Приедниекс, В.В.Рачок, Н.К.Салениекс, С.И.Жуковский, Л.П.Индеева).

II. Способ определения характеристики использования игольной рути в швейных машинах. Авт. св. СССР, Положительное решение Комитета по делам изобретений и открытий при СМ СССР от 14. VI. 1974. № 1934780/26-12. (соавторы А.В. Звиедрис, Н.К. Салениекс).

Редактор Г. Ансон, техн. ред. И. Брамберга
Подписано к печати 3 марта 1975 г. Формат
60x84/16. 1,5 печ. л., 1,39 усл. печ. л.,
1,22 уч.-изд. л. Тираж 150 экз. Бесплатно.
ЯТ 06072. Рижский политехнический институт.
Отпечатано в типографии РПИ, г. Рига,
ул. Ленина, 1. Заказ № 77.