

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
PIHII (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2019 Issue: 11 Volume: 79

Published: 22.11.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Vladimir Bogutsky
Sevastopol State University
Associate Professor, Ph.D.,
Russian Federation
bogutskivb@yandex.ru

DEFINITION OF PARAMETERS READJUSTING OF SUBSYSTEMS OF MACHINING MODULES IN PRODUCTION CONDITIONS

Abstract: It has been shown that widespread use, an increase in the technical level and the development of designs of flexible production modules are due to the integrated principle of flexibility of construction and operation embedded in them and correspond to modern market requirements, however, for a more complete and objective assessment of the reliability of the FPM operation, it is necessary to conduct practical studies of the readjustment parameters of the FPM subsystems in production conditions. Reduced statistical data on the results of the study of the periods of time for changeover and the time between applications for the changeover of subsystems FPM: tool, cutting machine and technological equipment, with subsequent calculation of the mathematical expectation and dispersion for each of the changeable elements, their analysis using the Bartlett criterion. Are performed the calculations of the values of the intensity of requests for readjustment and the intensity of readjustment were performed, the ratio between which is one of the indicators characterizing the flexibility of the technological system.

Key words: flexible production module, subsystem, readjusting, statistical data, metal cutting machine, cutting tool, technological equipment.

Language: Russian

Citation: Bogutsky, V. (2019). Definition of parameters readjusting of subsystems of machining modules in production conditions. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 11 (79), 201-208.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-11-79-43> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.11.79.43>

Scopus ASCC: 2209.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНАЛАДКИ ПОДСИСТЕМ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ МОДУЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: Показано, что широкое применение, рост технического уровня и развитие конструкций гибких производственных модулей обусловлено заложенным в них интегральным принципом гибкости построения и функционирования и соответствует современным требованиям рынка, однако для более полной и объективной оценки надежности работы ГПМ необходимо проведение практических исследований параметров переналадки подсистем ГПМ в производственных условиях. Приведены статистические данные по результатам исследования периодов времени на переналадку и времени между заявками на переналадку подсистем ГПМ: инструмента, станка и технологической оснастки с последующим расчетом математического ожидания и дисперсии по каждому из переналаживаемых элементов, их анализу с помощью критерия Бартлетта. Выполнены расчеты значений интенсивности заявок на переналадку и интенсивность переналадки, соотношение между которыми является одним из показателей, характеризующих гибкость технологической системы.

Ключевые слова: гибкий производственный модуль, подсистема, переналадка, статистические данные, металлорежущий станок, режущий инструмент, технологическая оснастка.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Введение

УДК 658.512

Широкое применение, рост технического уровня и развитие конструкций гибких производственных модулей (ГПМ) характерно для машиностроительного производства в промышленно развитых странах, что обусловлено заложенным в них интегральным принципом гибкости построения и функционирования, позволяющим отдельным элементам системы развиваться отдельно, увеличивать функциональность оборудования и методов управления, что соответствует современным требованиям рынка – частая смена номенклатуры выпускаемых изделий и сокращение срока их выпуска в условиях и мелко и среднесерийного производства. Однако процессы проектирования, внедрения и эксплуатации ГПМ требуют оценки их надежности [1-5 и др.].

Например, в работах [6, 7] выполнен анализ позволяющий выявить (по параметрам надежности) из сформированного множества вариантов подсистем автоматизированных участков изготовления деталей типа тела вращения несколько рациональных структур.

В работах [8-11] получены выражения для расчета величин финальных вероятностей по отказам функционирования и параметрическим отказам подсистем ГПМ.

Однако, как показывает опыт эксплуатации, для более полной и объективной оценки надежности работы ГПМ необходим учет стохастических процессов, происходящих в технологической системе каждого ГПМ, что, в свою очередь, требует проведения практических исследований параметров переналадки подсистем ГПМ в производственных условиях.

Материалы и методы исследования

Каждой конкретной наладке технологической системы соответствует определенная номенклатура деталей обрабатываемых в условиях конкретного производства, которая может быть обработана без его переналадки. Конкретный вид, содержания и глубина охвата наладочных работ зависят от запускаемой в производство номенклатуры деталей и программы их выпуска.

Направленное изменение технологических возможностей модулей, диктуемое конкретной производственной ситуацией, реализуется путем регулировки (настройки, смены) элементов (подсистем) в соответствии с изменениями конструктивно технологических параметров деталей, запущенных в производство. Регулируемые параметры системы являются относительно независимыми, однако применительно к процессу изготовления деталей

типа тел вращения, определены наиболее вероятные сочетания регулируемых параметров [12, 13 и др.]. Совокупность диапазонов возможных изменений значений параметров по всем переналаживаемым подсистемам образует концептуальное пространство технологических возможностей, то есть технологический потенциал системы. Это пространство характеризуется числом факторов технологической среды (изменяемых конструктивно – технологических параметров, подлежащих обработке деталей и программы выпуска), к которым система чувствительна. Число факторов технологической среды характеризует мерность технологического потенциала системы. Таким образом, технологический потенциал является концептуальным выражением совокупных технологических возможностей системы, порождаемых многообразием всех возможных ее наладок. Следовательно, изменения технологических возможностей системы путем переналадки допустимо лишь в рамках технологического потенциала.

Время между двумя заявками на переналадку каждой из подсистем является случайной величиной, так как в производственных условиях принимает те или иные значения, обусловленные случайными событиями, например, отсутствием необходимого обрабатываемого материала, восполнением потерь от брака, задержкой комплектования изделий, заготовок по некоторым группам деталей, а также другими причинами, не позволяющими на длительном промежутке времени прогнозировать точное значение периода между переналадками.

Случайные величины времени между двумя заявками на переналадку инструмента T_1'' , станка T_2'' , технологической оснастки T_3'' являются дискретными, так как множество их возможных значений конечно и может быть перечислено и перенумеровано одно за другим.

При проведении исследования фиксировались дискретные случайные величины времени между двумя заявками на переналадку подсистем (T_1'' , T_2'' , T_3'') на трех предприятиях (АО «Завод «Фиолент», ООО «Стрим Механик», ООО «Завод Молот-Механика») в течение полугода при односменной работе. Статистические данные по результатам исследования инструмента (T_1''), станка (T_2'') и технологической оснастки (T_3'') приведены на графиках (рис. 1, а, б, в), где процесс заявок на переналадку подсистем рассматривается на оси $0-T$, как прерывистый поток событий (переналадок), появившихся за время $(0, T)$. В момент появления очередного события случайная функция $X(T)$ скачком увеличивается на единицу. В точке разрыва функция $X(T)$ равна тому

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

значению, с которым она подходит к точке разрыва слева. Функция $X(T)$ «непрерывна слева», то есть при подходе к любой точке слева не терпит разрыва, а при подходе справа может терпеть разрыв. Случайная функция $X(T)$ является пуассоновским процессом [14, 15].

Математические ожидания дискретных случайных величин времени между двумя заявками на переналадку каждой подсистемы определялась по формуле

$$M[T] = \sum_i t_i P_i = m_i, \quad (1)$$

где t_i – возможные значения случайных величин; P_i – соответствующие им вероятности.

Дисперсия полученных данных рассчитывалась по зависимости

$$D[T] = \sum_i (t_i - m_i)^2 P_i = D_t. \quad (2)$$

Анализ статистических данных с последующим расчетом всех численных значений математического ожидания и дисперсии по каждому из переналаживаемых элементов (таблица 1) подтверждает гипотезу о том, что случайная величина времени между двумя заявками на переналадку распределена по закону Пуассона. Практически во всех случаях математическое ожидание M_i времени между двумя заявками на переналадку приближается к дисперсии ($M[T_1] \approx D[T_1] \approx M[T_2] \approx D[T_2] \approx M[T_3] \approx D[T_3]$).

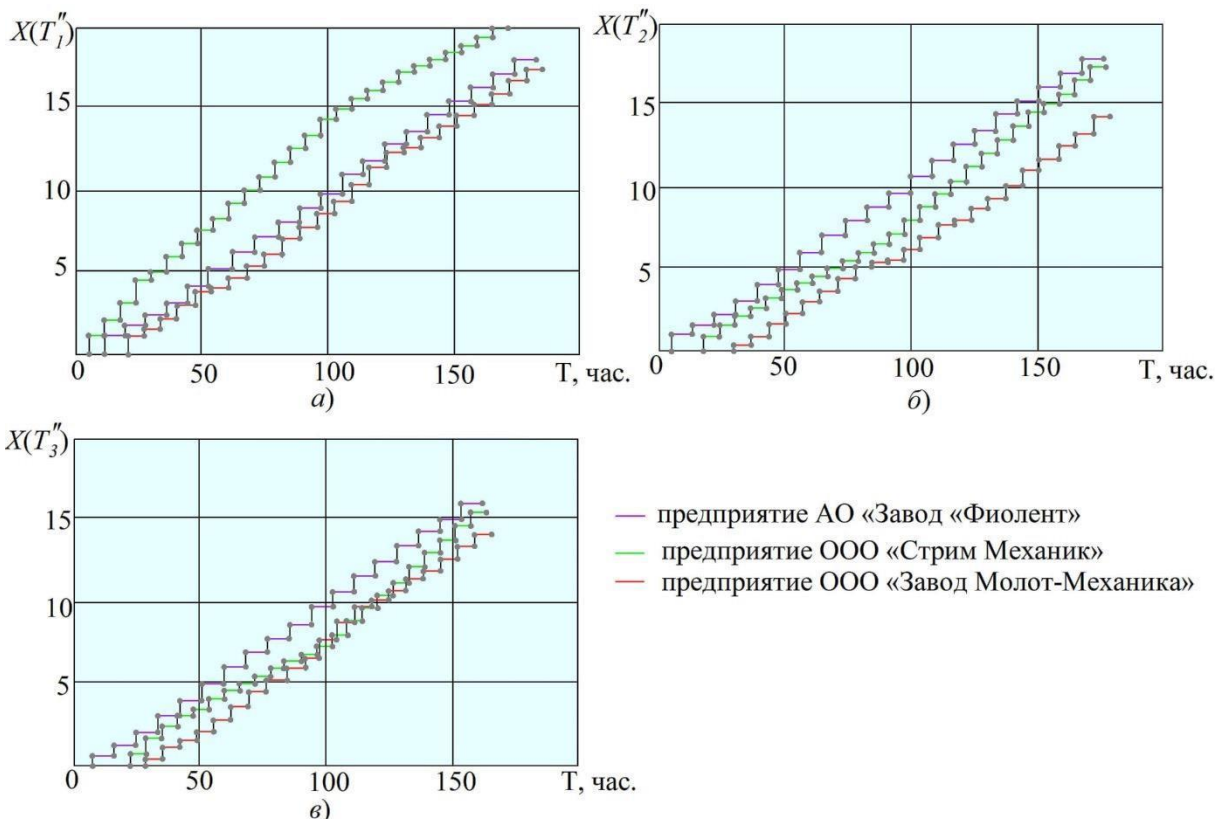


Рисунок 1 – Функции распределения дискретной случайной величины времени между двумя заявками на переналадку; а – инструмента; б – станка; в – технологической оснастки.

Для статистического описания процесса поступления заявок на переналадку рассчитывали относительные частоты $h(T)$ распределения времени между двумя заявками на переналадку: инструмента $h(T_1'')$, станка $h(T_2'')$, приспособления $h(T_3'')$.

Относительную частота события определялась по зависимости:

$$h(T) = n_t/n, \quad (3)$$

где n_t – число выборочных значений T , попадающих в интервал S_t ; n – объем выборки.

Получаемые по каждой из подсистем данные об относительных частотах распределения $h(T)$ приведены на графиках ($h(T_1'')$ – рис. 2, а; $h(T_2'')$ – рис. 2, б; $h(T_3'')$ – рис. 2, в).

Данные экспериментальных исследований показывают, что в большинстве случаев кривые распределения приближаются к экспоненте, что в целом подтверждает гипотезу об экспоненциальном характере распределения заявок на переналадку в производственных условиях.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 1. Экспериментальные значения времени между двумя заявками на переналадку подсистем на обследованных предприятиях

Подсистемы	Математическое ожидание $M[T]$, мин			Дисперсия $D[T]$		
	АО «Завод «Фиолент»	ООО «Стрим Механик»	ООО «Завод Молот-Механика»	АО «Завод «Фиолент»	ООО «Стрим Механик»	ООО «Завод Молот-Механика»
Инструмент	9	12	13,8	11,8	13,6	10,9
	11,6			12,1		
Станок	12,9	16,4	18	13,6	19,3	15,8
	15,8			16,2		
Технологическая оснастка	12,8	16,8	15	13,9	18,9	16,1
	14,7			16,3		

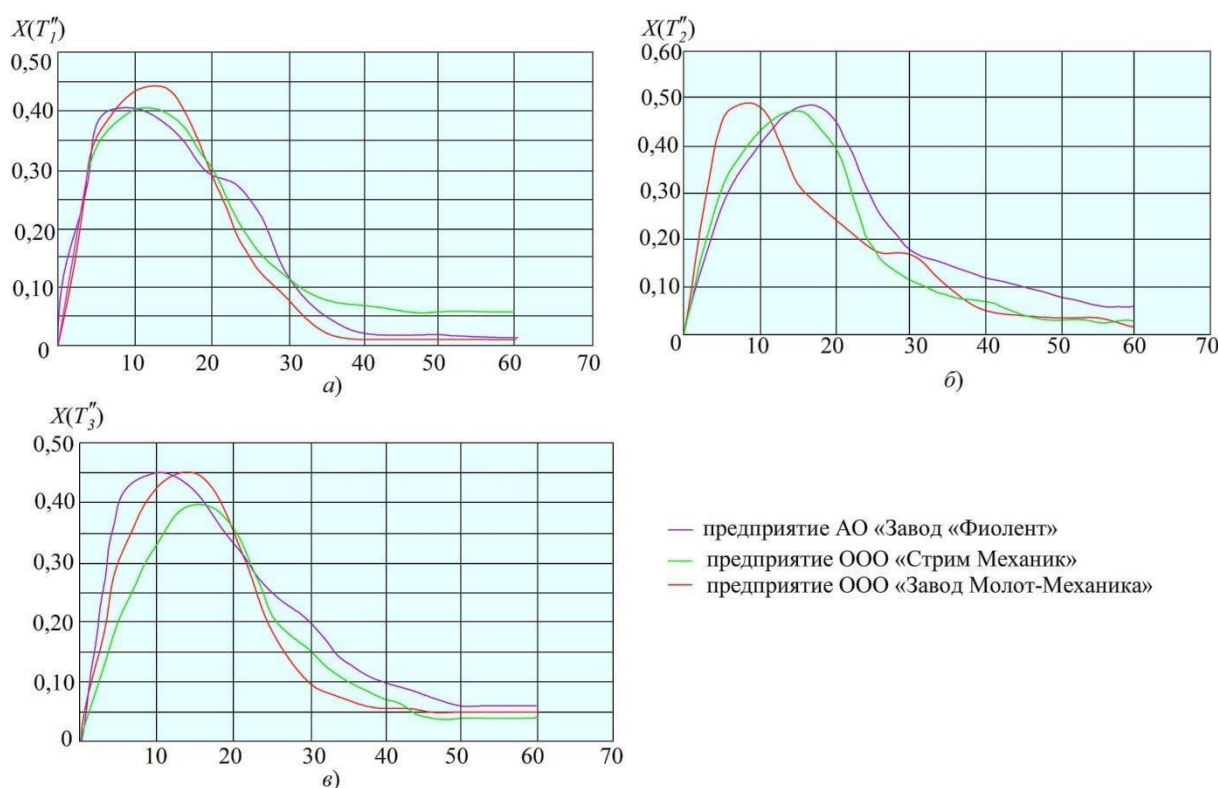


Рисунок 2 – Относительные частоты распределения времени между заявками на переналадку: а – инструмента; б – станка; в – технологическая оснастка.

Данные по переналадке подсистем подвергали анализу с помощью критерия Бартлетта [16, 17] для оценки обоснованности использования экспоненциального распределения. Этот критерий имеет вид

$$B_n = \frac{2n \left[\ln\left(\frac{T}{n}\right) + \frac{\sum_{i=1}^n \ln T_i}{n} \right]}{1 + \frac{(n+1)}{6n}}, \quad (4)$$

где T_i – случайная величина, обозначающая время работы между двумя заявками на переналадку подсистемы; n – число переналадок соответствующей подсистемы за период T .

При допущении об экспоненциальном распределении статистика B_n имеет распределение χ^2 с $(n-1)$ степенями свободы и в этом случае имеет двусторонний критерий χ^2 . Проверяли справедливость гипотезы о соответствии данных экспоненциальному распределению при переналадке инструмента, станка и приспособления за период $T=180$ мин. Критические значения для двустороннего критерия χ^2 при $n=10$, а также рассчитанные по зависимости (4) значения критерия Бартлетта приведены в таблице 2.

Impact Factor:	ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 2. Результаты экспериментальной оценки применимости гипотезы экспоненциального распределения заявок на переналадку.

	Определяемый параметр	АО «Завод «Фиолент»	ООО «Стрим Механик»	ООО «Завод Молот-Механика»
Инструмент	$x^2 0,95$	10,8	9,39	16,93
	$x^2 0,05$	31,41	28,87	41,34
	B_n	27,53	28,31	21,93
Станок	$x^2 0,95$	16,93	26,51	8,67
	$x^2 0,05$	41,34	55,75	27,59
	B_n	18,33	52,16	34,12
Технологическая оснастка	$x^2 0,95$	10,85	7,26	12,34
	$x^2 0,05$	31,14	26,29	33,92
	B_n	30,14	27,33	28,67

Большинство значения данного критерия попадает в интервал между верхними и нижними показателями x^2 , то есть подтверждают гипотезу о том, что для описания процесса переналадки подсистем в условиях гибкой автоматизации допущение об экспоненциальном распределении времени между переналадками приемлемо.

Время переналадки каждой подсистемы, являющееся дискретной случайной величиной,

как и время между двумя заявками на переналадку, обследовали на тех же предприятиях в течение месяца при односменной работе. Экспериментальные значения времени переналадки инструмента (T''_{01}), станка (T''_{02}), приспособления (T''_{03}) приведены в таблице 3.

Таблица 3. Экспериментальные значения времени переналадки подсистем ГПМ.

Подсистемы	Математическое ожидание $M[T_0]$, мин		
	АО «Завод «Фиолент»	ООО «Стрим Механик»	ООО «Завод Молот-Механика»
Инструмент	1,48...1,9	0,59...1,7	1,24...1,4
	1,09...1,67		
Станок	38...48	46...67	42...59
	42...58		
Технологическая оснастка	19...52	36...74	44...65
	33...63,7		

В связи с тем, что наряду со случайным характером, исследуемый процесс переналадки в немалой степени обладает особенностями детерминированных систем, то есть имеет для каждой подсистемы при переналадке заранее

определенную последовательность действий, его статистическое описание (относительные частоты распределения времени переналадки) (рис. 3, а, б, в).

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

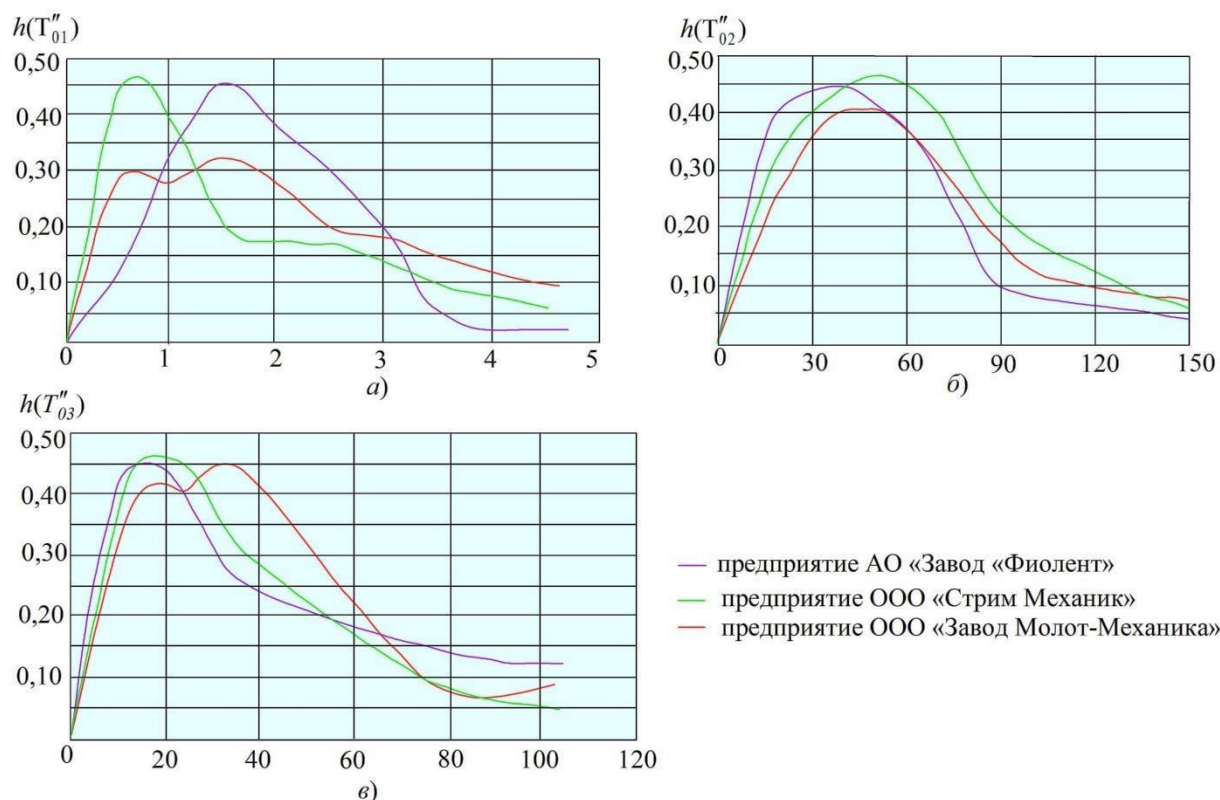


Рисунок 3 – Относительные частоты распределения времени переналадки: *а* – инструмента; *б* – станка; *в* – технологической оснастки.

В большей степени характер кривых соответствует гамма-распределению и распределению Вейбулла [18, 19]. Однако, поскольку время переналадки каждой подсистемы отличается по величине в меньшую сторону от времени между двумя заявками на переналадку на 2...3 порядка, гипотезу об экспоненциальном характере распределения времени переналадки можно считать вполне допустимой и использовать в дальнейшем при расчете вероятности беспереналадочной работы ГПМ в производстве.

На основе обработки статистических данных произвели расчет значений интенсивности заявок на переналадку (λ_{01}'' , λ_{02}'' , λ_{03}'') и переналадки (μ_{01}'' , μ_{02}'' , μ_{03}''). Результаты приведены в таблице 4. Соотношение между указанными величинами

является одним из показателей характеризующих гибкость технологической системы. На обследованных предприятиях интенсивности переналадок технологической оснастки $\mu_3'' = f(\lambda_3'')$ при увеличении интенсивности заявок на переналадку практически не изменяются. Для станка $\mu_2'' = f(\lambda_2'')$ – несколько увеличивается на предприятии АО «Завод «Фиолент». Переналадка инструмента имеет достаточно высокие значения интенсивности на предприятиях АО «Завод «Фиолент» и ООО «Завод Молот-Механика» (серийное производство), но еще более высокая интенсивность переналадки инструмента $\mu_1'' = f(\lambda_1'')$ на предприятии ООО «Стрим Механика» (мелкосерийное производство).

Таблица 4. Значения интенсивностей заявок на переналадку и переналадки подсистем.

Подсистемы	Интенсивность заявок λ , мин ⁻¹			Интенсивность переналадки μ , мин ⁻¹		
	АО «Завод «Фиолент»	ООО «Стрим Механика»	ООО «Завод Молот-Механика»	АО «Завод «Фиолент»	ООО «Стрим Механика»	ООО «Завод Молот-Механика»
Инструмент	0,1111	0,0833	0,0725	0,6757	1,6949	0,8065
Станок	0,0889			1,059		
	0,0775	0,0609	0,055	0,0263	0,0217	0,0238
Технологическая оснастка	0,0646			0,0239		
	0,0781	0,0595	0,0667	0,0526	0,0278	0,0227
	0,0681			0,0344		

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Выводы.

Проведенные исследования показывают, что в условиях действующего производства наблюдается тенденция роста числа заявок на переналадку подсистем гибких производственных модулей, что приводит к соответствующим изменениям в подходе и проектированию, выбору и оценке эффективности системы.

Результаты проведенных исследований времени на переналадку гибких производственных модулей необходимо дополнить данными по надежности, без которых невозможно оценить эффективность системы и выявить ее наиболее уязвимые («слабые») подсистемы.

References:

1. Miriyala, K. (1989). Reliability analysis of flexible manufacturing systems/ K. Miriyala, N. Viswanadham// *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 2, Iss. 2, pp. 145–162.
2. Mahmood, K. (2017). Performance analysis of a flexible manufacturing system (FMS)/ K. Mahmood, T. Karaulova, T. Ottoa, E. Shevtshenko//*Procedia CIRP* 63, pp.424-429. Doi: 10.1016/j.procir.2017.03.123.
3. Duan, J. (2019). Nan Xie, Lianhui Li. Modelling and evaluation of multistate reliability of repairable nonseries manufacturing system with finite buffers/ J. Duan, N. Xie, L. Li. // *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 11(6), pp.1–13.
4. Mamonov, V.I. (2017). *Problemy ocenki nadezhnosti funkcionirovaniya proizvodstvennyh sistem*/ V.I. Mamonov, V.A. Poluektov // *Rossiyskoe predprinimatel'stvo*, T. 18, № 11, pp. 1734-1740.
5. Chen, Z. (2018). Mission reliability evaluation based on operational quality data for multistate manufacturing systems/ Z. Chen, Y. He, Y. Zhao, X. Han // *International Journal of Production Research*, 2018, Vol. 57, Iss.6, pp.1840-1856
6. Bogutskiy, V. (2017). Synthesis of flexible machining modules for repair equipment/ V. Bogutskiy, L. Shron, E. Gordeeva // *Theoretical & Applied Science*, № 11 (55), pp. 101-110.
7. Bogutskiy, V.B. (2018). *Sintez mekhanoobrabatyvayushchih modulej dlya remontnogo proizvodstva s uchetom potoka otkazov remontiruemyh uzlov i detalej*/ V.B. Bogutskiy, L.B. Shron // *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii*, № 4-2 (330), pp. 63-69.
8. Srikanth, D. (2012). Quality, Reliability and Maintenance (Q, R & M) Issues in reconfigurable manufacturing systems (RMS) / D. Srikanth, M. Kulkarni // *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 110-116, pp. 1442-1446.
9. Bogutskiy, V.B. (2018). *Ocenka nadezhnosti sintezirovannogo varianta modulya dlya mekhanicheskoy obrabotki detalej po otkazam funkcionirovaniya*/ V.B. Bogutskiy, L.B. Shron// *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Nauchnyj zhurnal. № 1 (59)*, pp. 170-176.
10. Bogutskiy, V.B. (2018). *Ocenka nadezhnosti sintezirovannogo varianta modulya mekhanicheskoy obrabotki po parametricheskim otkazam*/ V.B. Bogutskiy, L.B. Shron.// *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Nauchnyj zhurnal, № 2 (60)*, pp. 221-226.
11. Loganathan, M.K. (2017). Reliability enhancement of manufacturing systems through functions/ M.K. Loganathan, O.P. Gandhi // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Vol. 231, Iss. 10, pp. 1850-1868.
12. Woo, S. (2017). Reliability design of mechanical systems. A guide for mechanical and civil engineers./S. Woo, *Springer International Publishing AG*, – 309 p.
13. Wang, Y. (1999) Field failure database of CNC lathes/ Y. Wang, Y. Jia, J. Yu, S. Yi// *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 16, No. 4, pp. 330-343.
14. Klejnrok, L. (1979). *Teoriya massovogo obsluzhivaniya* / L. Klejnrok; per. s angl. I. I. Grushko. (p.432). Moscow: *Mashinostroenie*.
15. Zukerman, M. (2016). Queueing Theory and Stochastic Teletraffic Models / M. Zukerman. – *City University of HongKong*, p.271.
16. Kapur, K. (1980). *Nadezhnost' i proektirovanie sistem*. Per. s angl./ K. Kapur, L. Lamberson. (p.604) Moscow: Mir.
17. (1999). Per Aslak Mykland. Bartlett identities and large deviations in likelihood theory // *The Annals of Statistics*, Vol. 27, No. 3, pp. 1105–1117.

Impact Factor:	ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHII (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

18. (2006). Springer Handbook Of Engineering Statistic. Ed. by Hoang Pham/ Springer-Verlag London 1120 p.
19. Rebro, I.V. (2011). *Prikladnaya matematicheskaya statistika dlya tekhnicheskikh*

special'nostej: ucheb. posobie / I.V. Rebro, V.A. Nosenko, N.N. Korotkova. (p.149). Volgograd: IUNYAVolgGTU.