

УДК 658.512

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ В УСЛОВИЯХ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ОПЫТНОГО

Гегам Марзпетович Алексанян⁽¹⁾, Екатерина Васильевна Прохоренкова⁽²⁾

*Студент 5 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾,
кафедра «Технологии машиностроения»*

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

*Научный руководитель: И.Л. Волчкевич,
доктор технических наук, декан факультета «Машиностроительные технологии»*

Ключевые слова: проектирование предприятий машиностроения, станки с ЧПУ, производственный процесс, техническое перевооружение.

Key words: design of machinery manufacturing facilities, CNC machines, manufacturing process, technical requirement.

Аннотация: В статье приведены результаты исследования затрат времени при работе оборудования с ЧПУ в цехах опытного многономенклатурного производства. Определены численные значения показателей эффективности, характерные при использовании современного оборудования с ЧПУ в условиях изготовления мелких партий и единичных деталей. Проанализированы причины возникновения простоев и потерь времени. Предложенная методика и полученные результаты могут быть использованы при разработке и внедрении мероприятий по техническому перевооружению и модернизации механообрабатывающего цеха, а также при составлении проектов цехов механообработки, использующих оборудование с ЧПУ.

Annotation: In this article is proposed the results of research time spent at work CNC equipment in the shops experienced multiproduct manufacturing. Calculated numerical values of performance indicators that are typical when using modern CNC equipment in a production of small batches and single parts. Analyzed the causes of downtime and loss of time. The proposed method and the obtained results can be used in the development and implementation of technical re-equipment and modernization of machining workshop, as well as the drafting workshops using CNC equipment.

Введение

Современное состояние отечественной экономики особенно остро ставит проблемы экономической эффективности производственных систем. Один из важнейших показателей – эффективность использования технологического оборудования, в особенности – дорогостоящего и высокопроизводительного. Данная проблема актуальна для машиностроительных предприятий, проекты технического перевооружения и модернизации которых, за редким исключением, связаны с применением многооперационных станков с ЧПУ, сочетающих широкие технологические возможности с высокой стоимостью. Применение данного оборудования в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства зачастую приводит к низкой эффективности использования его во времени [1]. Неисследованным до настоящего времени остается вопрос о целесообразности внедрения многооперационных станков в подразделениях и предприятиях опытного производства, для которых характерны широкая номенклатура изготавливаемых деталей, малые размеры партий, а зачастую – единичные заказы, трудности с планированием работы оборудования по причине плохой предсказуемости заказов. В связи с этим выбранная тема исследования является актуальной.

Методика проведения исследований

В рамках исследования проведен качественный и количественный анализ затрат времени при обработке деталей на фрезерных станках с ЧПУ двух цехов одного из передовых предприятий машиностроения. В цехах проводилась как обработка мелких (до 15 штук) партий деталей, так и опытная отработка технологий, а также изготовление единичных деталей по заказам различных подразделений. Анализ проведен при помощи ранее разработанной методики, основанной на использовании «фотографии рабочего дня» и специально адаптированной к условиям многономенклатурного мелкосерийного производства [2].

Исследования проведены для следующих фрезерных станков с ЧПУ:

- Hermle C30 (цех 1);
- Hermle C40 (цех 1);
- Micron PM 1850U – две единицы (цех 1);
- Pittler PV 1600 (цех 1);
- DMG dmu 50 – две единицы (цех 2).

Для записи выполняемых на рабочем месте действий и фиксации связанных с этими действиями затрат времени использован специальный протокол сбора данных, далее данные переносились в протокол первичной обработки данных [2]. Пример заполненного протокола первичной обработки данных, полученных во время исследования затрат времени для фрезерного станка с ЧПУ DMG dmu 50 цеха 2 приведен в таблице 1.

Таблица 1
Протокол первичной обработки данных наблюдений для станка DMG dmu 50

Начало	Конец	Процесс	Категория	Время, ч:мин
7:30	7:40	Включение/прогрев станка	простой технический	0:10
7:40	7:55	Подготовка рабочего места к установке/снятию заготовки/детали	простой технический	0:15
7:55	8:03	Сдача инструмента в ИРК	переналадка - простой	0:08
8:03	8:45	Написание программы	переналадка - простой	0:42
8:45	8:50	Обсуждения с технологом по поводу обрабатываемой заготовки	переналадка - простой	0:05
8:50	9:10	Изучение документации, программы/ получение задания	переналадка - работа	0:20
9:10	9:18	Выбор/проверка/корректировка программы	переналадка - простой	0:08
9:18	9:32	Установка/снятие/продувка приспособления	переналадка - работа	0:14
9:32	9:39	Установка и смена элементов станочной оснастки	переналадка - работа	0:07
9:39	9:49	Измерение детали/заготовки с помощью Renishaw/датчиков в автомат.режиме	переналадка - работа	0:10
9:49	10:04	Установка/смена/регулировка инструмента/пластины +корректировка программы	переналадка - работа	0:15

10:04	10:14	Выставление "0" приспособления + корректировка программы	переналадка - работа	0:10
10:14	10:25	Отладка программы "по воздуху"	переналадка - работа	0:11
10:25	10:28	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	переналадка - работа	0:03
10:28	10:37	Обработка заготовки в автоматическом режиме	переналадка - работа	0:09
10:37	10:40	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	переналадка - работа	0:03
10:40	10:43	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	переналадка - работа	0:03
10:43	10:46	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	переналадка - работа	0:03
10:46	10:55	Обработка заготовки в автоматическом режиме	переналадка - работа	0:09
10:55	10:58	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	переналадка - работа	0:03
10:58	11:01	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	переналадка - работа	0:03
11:01	11:05	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	переналадка - работа	0:04
11:05	11:14	Обработка заготовки в автоматическом режиме	переналадка - работа	0:09
11:14	11:17	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	переналадка - работа	0:03
11:17	11:30	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	переналадка - работа	0:13
12:30	14:00	Контроль в ОТК	переналадка - простой	1:30
14:00	14:03	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:03
14:03	14:12	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:09
14:12	14:15	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:03
14:15	14:17	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	работа ручная	0:02
14:17	14:21	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04
14:21	14:30	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:09
14:30	14:33	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:03
14:33	14:35	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	работа ручная	0:02
14:35	14:39	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04

14:39	14:48	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:09
14:48	14:52	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04
14:52	14:55	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	работа ручная	0:03
14:55	15:00	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:05
15:00	15:09	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:09
15:09	15:13	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04
15:13	15:20	Измерение детали/заготовки с помощью Renishaw/датчиков в автомат. режиме	простой технический	0:07
15:20	15:24	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04
15:24	15:33	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:09
15:33	15:36	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:03
15:36	15:40	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	работа ручная	0:04
15:40	15:44	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04
15:44	15:54	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:10
15:54	16:00	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:06
16:00	16:07	Измерение детали/заготовки с помощью Renishaw/датчиков в автомат. режиме	простой технический	0:07
16:07	16:10	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:03
16:10	16:20	Обработка заготовки в автоматическом режиме	работа автоматическая	0:10
16:20	16:24	Установка/снятие/продувка/протирка заготовки/детали	работа ручная	0:04
16:24	16:30	Контроль на рабочем месте/контроль на станке без снятия вручную	работа ручная	0:06
16:30		Конец наблюдений		

Обработка результатов исследований структуры затрат времени работы фрезерных станков с ЧПУ

На основании данных протоколов первичной обработки данных рассчитаны суммы затрат времени по категориям (обработка, простои, отработка, переналадка, исправление брака) [3]. Далее рассчитаны доли затрат по каждой из категорий в общем времени наблюдения (в процентах). На основании полученных данных для каждого из станков построены диаграммы структуры затрат фонда времени работы оборудования (рис. 1 – рис. 6). Также рассчитаны коэффициенты экстенсивного использования оборудования $K_{эи}$ и коэффициенты использования

времени межналадочных периодов $\eta_{ис}$. Расчеты и построение диаграмм автоматизированы и проводятся в среде «Microsoft Excel.»

Расчет коэффициентов проведен для:

- каждой из семи единиц оборудования;
- группе оборудования одинаковых моделей (для станков Hermle, Micron, DMG);
- фрезерным станкам с ЧПУ разных цехов.

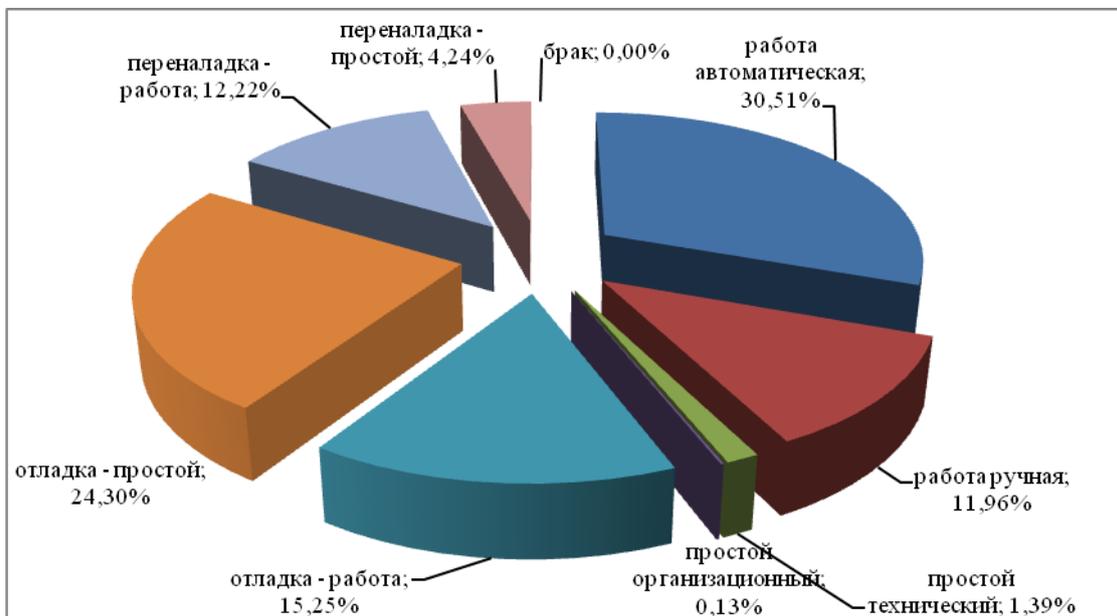


Рис. 1. Структура затрат времени работы станка Hermle C30 за время наблюдений (10 рабочих смен)

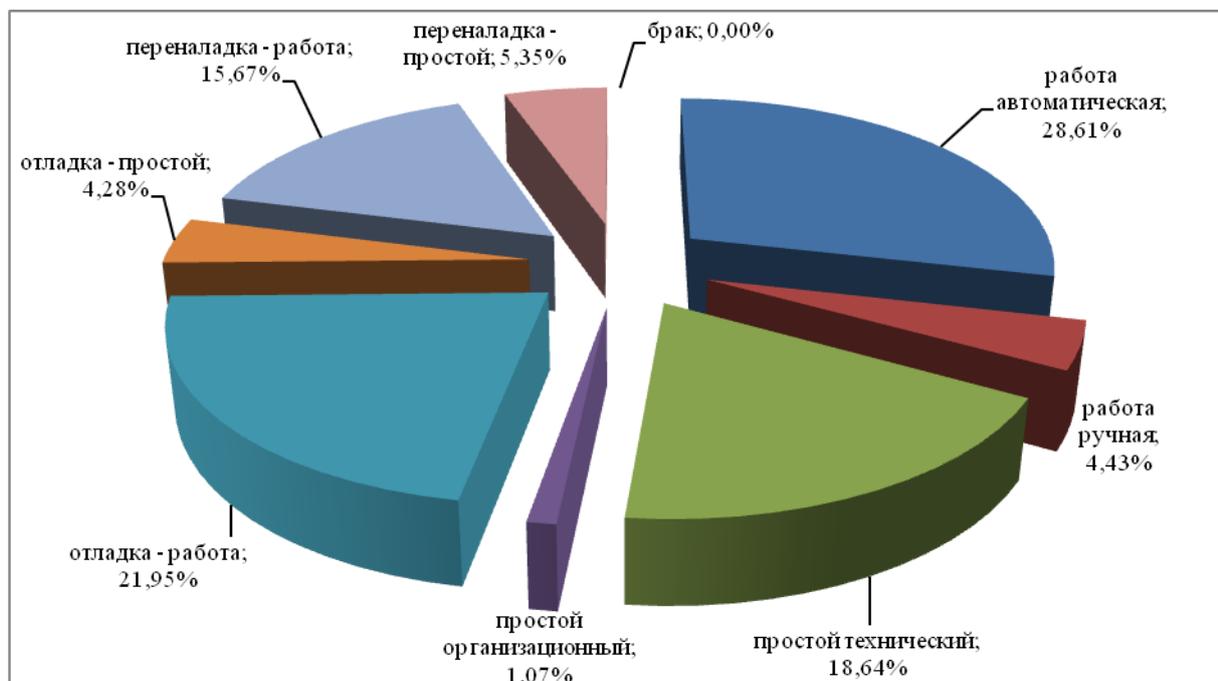


Рис. 2. Структура затрат времени работы станка Hermle C40 за время наблюдений (10 рабочих смен)

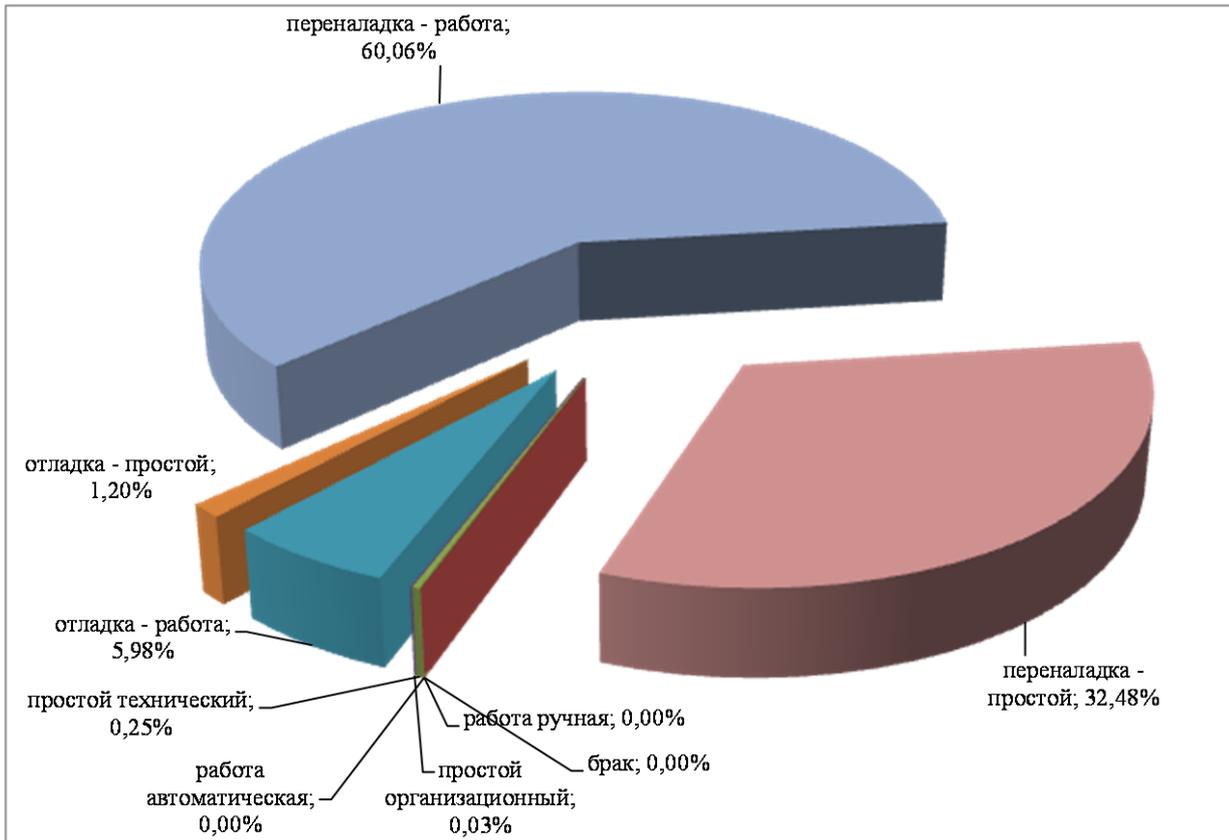


Рис. 3 Структура затрат времени работы станка Micron PM 1850 U «левый» за время наблюдений (10 рабочих смен)

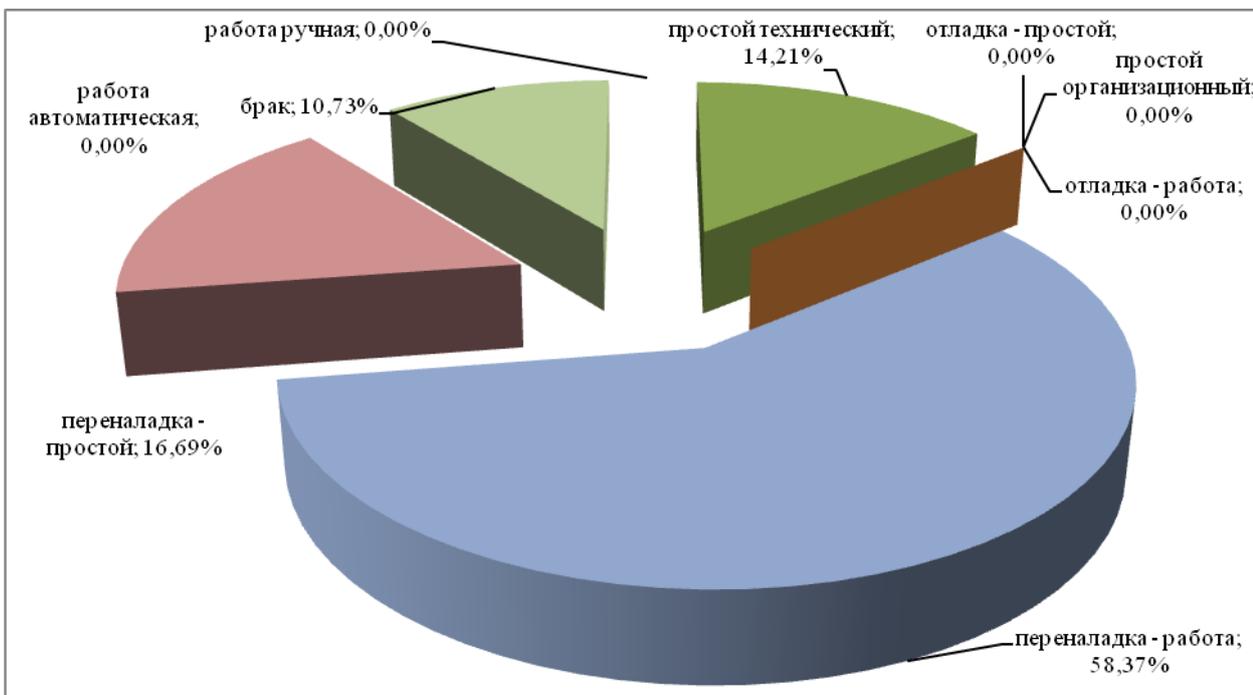


Рис. 4. Структура затрат времени работы станка Micron PM 1850 U «правый» за время наблюдений (10 рабочих смен)

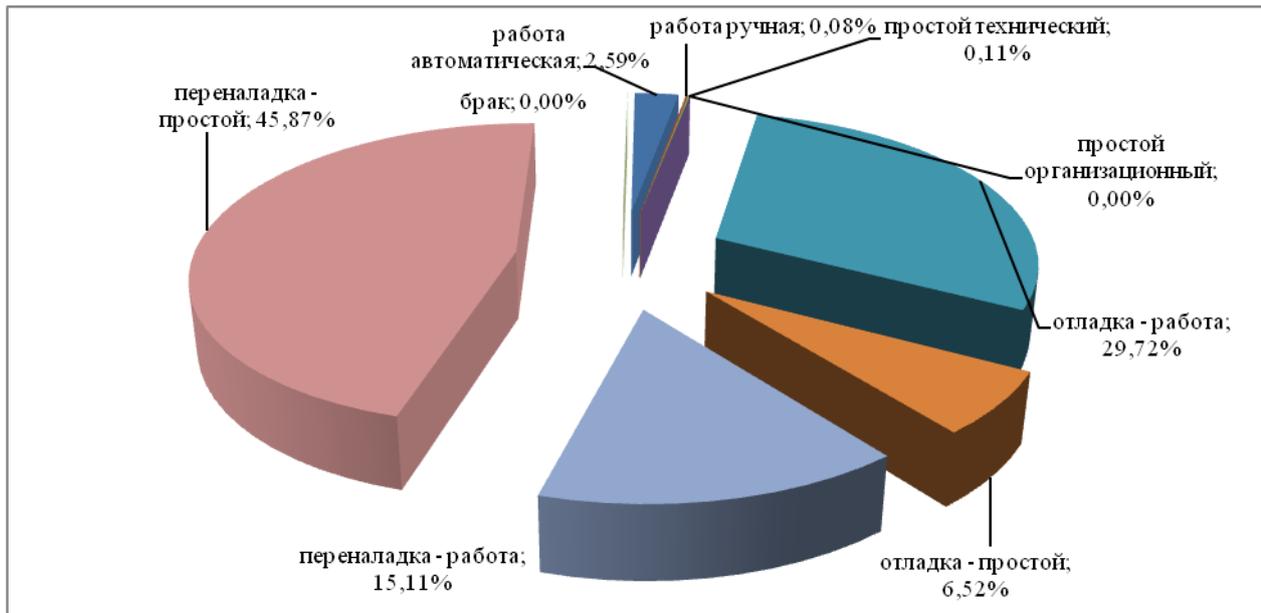


Рис. 5. Структура затрат времени работы станка Pittler PV 1600 за время наблюдений (10 рабочих смен)

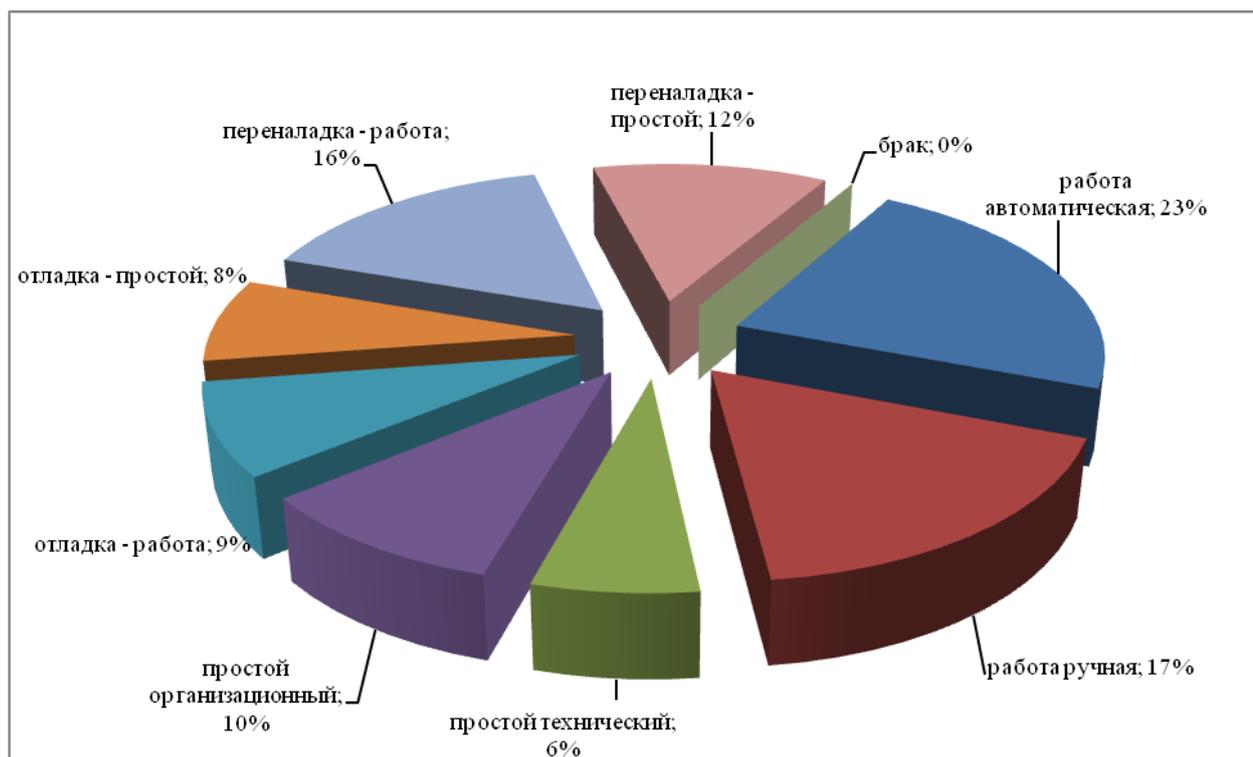


Рис. 6. Структура затрат времени работы станков DMG dmi 500 за время наблюдений (10 рабочих смен)

Рассчитанные коэффициенты $K_{зи}$ и $\eta_{ис}$ сведены в таблицы (таблицы 2 и 3), дающие представление о затратах времени по участкам фрезерных станков с ЧПУ в целом и «узких местах».

Сравнение коэффициентов $K_{эи}$ и $\eta_{ис}$ дает сравнительную картину доли непроизводительных затрат времени, происходящих по «внешним» и «внутренним» для цеха причинам.

Поскольку ряд станков цеха 1 (станки Micron и Pittler) за время наблюдений изготавливали детали с размером партии одна штука, и эта работа считалась, как переналадка, имеет смысл при расчете коэффициентов считать время обработки детали по программе, как время работы. Тем не менее, с точки зрения рационального использования оборудования, планирование операционных партий по одной штуке, безусловно, является неудачным.

Таблица 2
Значения коэффициентов экстенсивного использования $K_{эи}$ для фрезерных станков с ЧПУ цехов 1 и 2

№ п/п	Наименование станков	Перечень станков по модели	Цех	$K_{эи}$		
				$K_{эи}$ по каждому станку	$K_{эи}$ по модели	$K_{эи}$ по цехам
1	Hermle C30	Hermle	1	0,31	0,3	0,31*/0,46
2	Hermle C40			0,29		
	Micron PM 1850U «левый»	Micron PM 1850U		0,66	0,62	
4	Micron PM 1850U «правый»			0,58		
5	Pittler PV 1600	Spinner PD-CNC		0,32	0,32	
	DMG dmu 500	DMG dmu 500	2	0,23	0,23	0,23

Таблица 3
Значения коэффициентов использования $\eta_{ис}$ для фрезерных станков с ЧПУ цехов 1 и 2

№ п/п	Наименование станков	Перечень станков по модели	Цех	$\eta_{ис}$		
				$\eta_{ис}$ по каждому станку	$\eta_{ис}$ по модели	$\eta_{ис}$ по цехам
1	Hermle C30	Hermle	1	0,69	0,62	0,62*
2	Hermle C40			0,54		
	Micron PM 1850U «левый»	Micron PM 1850U		0,66	0,62	
4	Micron PM 1850U «правый»			0,58		
5	Pittler PV 1600	Spinner PD-CNC		0,82	0,82	
	DMG dmu 500	DMG dmu 500	2	0,41	0,41	0,41

Выводы

Сравнительный анализ степени использования фонда времени в целом и использования времени межналадочных периодов показывает:

- 1 Средний коэффициент экстенсивного использования фрезерных станков с ЧПУ, без учета обработки операционных партий размером в одну штуку, составляет 0,31 для фрезерных станков с ЧПУ цеха 1 и 0,23 для фрезерных станков с ЧПУ цеха 2; таким образом, только 31% времени тратится на производительную работу; рассчитывать средний коэффициент использования, общий для цехов 1 и 2 не имеет смысла.
- 2 Для всех станков среди непроизводительных затрат времени наибольшую долю занимают простои, связанные с наладочными процессами (отработки новых деталей и переналадки на обработку уже освоенных деталей).
- 3 Средний коэффициент использования времени межналадочных периодов составляет 0.62 для фрезерных станков с ЧПУ цеха 1 и 0,41 для фрезерных станков с ЧПУ цеха 2; это означает, что, даже без учета наладочных процессов, почти 40% времени расходуется на технические и организационные простои.
- 4 Доля времени, затрачиваемого на исправление брака незначительна.
- 5 Для дальнейшего изучения причин непроизводительных затрат времени и выработки корректирующих мероприятий необходим более детальный анализ затрат по каждой из выделенных категорий.
- 6 Необходимы выработка и внедрение комплекса корректирующих мероприятий с целью повышения доли времени, затрачиваемого на производительную работу.

Литература

- 1 *Волчкевич И.Л.* Проблема рационального использования станков с ЧПУ в отечественной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. Вып. 5 (в 3-х ч.). Ч. 3. С. 48-53
- 2 *Волчкевич И.Л., Васенина Н.М.* Методика исследования фактической производительности станков с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства // Инженерный Вестник. Электронный научно-технический журнал. 2014. № 11. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/746833.html>
- 3 *Волчкевич И.Л.* Декомпозиция фонда времени, как основа для расчетов необходимого количества оборудования в условиях многономенклатурного производства // Известия вузов. Машиностроение. 2011. № 9. С. 62-64.