

Методика исследования фактической производительности станков с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства

11, ноябрь 2014

Волчкевич И. Л., Васенина Н. М.

УДК: 658.512

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

vil@bmstu.ru

Актуальность проблемы

В современной отечественной научно-технической литературе практически отсутствуют обобщенные сведения о том, каковы фактическая работоспособность и фактическая эффективность эксплуатации станков с ЧПУ, работающих «россыпью» или в составе Технологических Комплексов (ТК). Собираемая на местах статистическая цеховая информация зачастую носит неполный и бессистемный характер, не корреспондируется между собой даже в рамках предприятия.

Эксплуатационные исследования работоспособности действующих ТК с целью реализации обратной связи на последующее проектирование не проводятся уже много лет, известные справочные материалы устарели. При этом традиционные методики исследования фактической производительности ТК [1] были разработаны и применялись для условий крупносерийного и массового производства. Основное внимание при исследованиях уделялось техническим простоям оборудования и организационным проблемам, связанным с отсутствием инструмента, заготовок, операторов. Зарубежные методики оценки эффективности использования рабочего времени, в том числе применяемые в рамках Lean-технологий и других систем обеспечения качества, также рассчитаны преимущественно на условия поточного производства, с многократным повторением одного и того же набора действий оборудования или операторов.

Между тем показано [2], что в условиях современного многономенклатурного машиностроительного производства, для оборудования с ЧПУ, существенная, а порой и наибольшая часть непроизводительных затрат времени – это затраты времени на наладочные процессы. В связи с этим возникла необходимость в создании методики исследования фактической производительности станков с ЧПУ, позволяющий учитывать все возможные затраты времени, как на выпуск товарной продукции, так и непроизводительные.

Анализ фактической производительности и фактических затрат времени при эксплуатации автоматизированного технологического оборудования может использоваться для решения целого ряда задач, актуальных для любого действующего предприятия, в том числе:

- Оценки реальной эффективности использования оборудования, в особенности – дорогого и высокопроизводительного.
- Оптимизации существующих технологических и производственных процессов серийного производства через выявление «узких мест» и выработку корректирующих мероприятий.
- Установления технически обоснованных норм времени и планирование «выполнимых» производственных программ.
- Прогнозирования производительности и себестоимости при производстве новой продукции, в том числе – сроков и цены выполнения внешних заказов.
- Расчета необходимого числа оборудования при составлении и ТЭО проектов реконструкции либо создания новых технологических комплексов, в том числе – при «единичных» закупках нового оборудования.

Критерии эффективности использования фонда времени оборудования с ЧПУ.

На основе опыта эксплуатации высокопроизводительного оборудования с ЧПУ на ряде ведущих предприятий машиностроения выдвинуты следующие основные критерии эффективности использования фонда времени:

1. Структура составляющих действительного фонда времени работы оборудования с ЧПУ. Перечень составляющих затрат фонда времени и процентное соотношение между ними используются для выявления «узких мест» производственных процессов и разработки корректирующих мероприятий.
2. Коэффициент экстенсивного использования оборудования $K_{эи}$ (отношение времени производительной работы оборудования к действительному фонду времени). Под временем производительной работы подразумевается фактическое время работы оборудования, без учета *всех* простоев, включая наладочные. По сути это – время партионного выпуска продукции. Действительный фонд времени – фонд времени оборудования за вычетом неизбежных простоев (плановые ремонты и техническое обслуживание). $K_{эи}$ есть мера степени использования фонда времени, учитывающая как эффективность работы цеха (операторов, технологов, руководителей), так и особенности планирования производственной программы (номенклатура и объемы выпуска деталей). Может быть использован при расчете и планировании сроков изготовления изделий, а также при расчете необходимого количества оборудования в рамках проектов технического перевооружения.

3. Коэффициент использования времени межналадочных периодов $\eta_{ис}$ (отношение времени производительной работы оборудования к действительному фонду времени за вычетом времени наладок). Коэффициент $\eta_{ис}$ позволяет оценить эффективность работы цеха (простои по различным причинам) без учета времен наладок, определяемых производственной программой. Может быть использован для задач нормирования.
4. Коэффициент пропорциональности между временем отработки детали (ранее не изготавливавшейся) и временем цикла ее изготовления на станке с ЧПУ K_2 .
Время отработки – интервал времени между получением задания на отработку новой, ранее на этом рабочем месте никогда не обрабатывавшейся, детали, и принятием решения о возможности изготовления партии (в большинстве случаев – по результатам контроля изготовленной «первой» детали). Коэффициент K_2 позволяет оценить эффективность работы цеха (как технологов, так и операторов) при отработке новых деталей. Может быть использован при расчете и планировании времени изготовления опытных образцов изделий, а также при расчете необходимого количества оборудования в рамках проектов технического перевооружения.
5. Коэффициент пропорциональности между временем переналадки детали (ранее изготавливавшейся) к времени цикла ее изготовления на станке с ЧПУ K_3 .
Время переналадки - интервал времени между получением задания на переналадку на другую ранее изготавливавшуюся деталь и принятием решения о возможности изготовления партии (в большинстве случаев – по результатам контроля изготовленной «первой» детали). Может быть использован при расчете и планировании времени производственных циклов серийного изготовления изделий, для задач нормирования, а также при расчете необходимого количества оборудования в рамках проектов технического перевооружения.

Представление об объекте исследования, основные определения и допущения.

Основой для разработанной методики стало представление о декомпозиции фонда времени работы оборудования с ЧПУ [3]. За достаточно протяженный период любой из станков в рамках планового, например – годового, действительного фонда времени ($\Phi_{до}$) будет периодически находиться в одном из состояний затрат календарного времени $\sum \theta_i$:

1. **Функционирование** ($\sum \theta_1$), с партионным изготовлением на станке закрепленного комплекта (номенклатуры) деталей. При этом периоды бесперебойной работы неизбежно чередуются со случайными простоями технического и организационного характера.

К бесперебойной работе относятся:

- Работа станка с ЧПУ в автоматическом режиме (от нажатия кнопки «пуск» до автоматического останова по завершении программы;

- Ручные действия, выполняемые в обязательном порядке для каждой детали в пределах партии (установка и снятие, контроль нулевых точек, обдувка, укладка в тару...);
- Внутриоперационный контроль, если он прописан в технологии и в обязательном порядке выполняется для каждой детали.

Определяющий признак для отнесения затрат времени к категории «бесперебойная работа» - это *обязательность и повторяемость* действий для каждой из деталей.

К техническим простоям относятся все затраты времени, носящие случайный или неизбежный характер, *не повторяющиеся для каждой детали*, и в которых «виноват станок», в том числе:

- аварийные остановы по любой причине (поломка инструмента, наматывание стружки, встреча суппорта со шпинделем, утопление датчика уровня СОЖ....);
- смены инструмента на аналогичный, в том числе – плановые и по причине износа;
- включение, прогрев, выключение, уборка станка;
- технические обслуживания и плановые ремонты;
- аварийные ремонты.

Также к техническим простоям относят коррекции программ, регулировки инструментов и повторные проходы, необходимость которых вызвана необеспечением требований чертежа, если промежуточный контроль, коррекции и повторные проходы *не записаны в технологии и не делаются в обязательном порядке* для каждой детали (так называемые подналадки).

К организационным простоям относятся все затраты времени, носящие случайный или неизбежный характер, *не повторяющиеся для каждой детали*, и в которых «не виноват станок», в том числе:

- Отсутствие рабочего (опоздание, перекуры, болезнь, отпуск без замены, общение на отвлеченные темы...);
- Отсутствие сменного задания;
- Отсутствие заготовок, оснастки, инструментов, программы для ЧПУ;
- Выключение электричества или отказ других систем инженерного обеспечения;
- Время, затраченное на ожидание возвращения детали из ОТК.

2. **Отработка** ($\Sigma \theta_2$) изготовления новых деталей, которые ранее не изготавливались.

Сюда входят:

- доработка и отладка управляющих программ;
- подбор (изготовление) и установка комплектов инструментов и оснастки, их настройка;
- выполнение пробных рабочих ходов с необходимыми корректировками;
- изготовление и контроль «первых» деталей.

Период отработки завершается в момент принятия решения о возможности обработки партии (обычно – по результатам контроля «первой» детали в ОТК). Во время процесса отработки также возможны простои технического и организационного характера; их ана-

лиз дает информацию, необходимую для уменьшения времени, затрачиваемого на отработки.

3. **Переналадки** ($\sum \theta_3$) для повторного изготовления партий деталей, уже ранее изготовившихся, для которых существуют отработанные программы, изготовленная оснастка, подобранные комплекты инструментов. Период переналадки завершается в момент принятия решения о возможности обработки партии (обычно – по результатам контроля «первой» детали в ОТК). Во время процесса переналадки также возможны простои технического и организационного характера.

Раздельный учет отработок и переналадок связан с тем, что они требуют существенно различных затрат времени, что важно при решении задач планирования.

4. **«Аварийные прогоны»** ($\sum \theta_4$), доработка или повторное изготовление тех деталей, которые были признаны непригодными при сборке или сдаче ОТК (исправимый или неисправимый брак).

Время, затрачиваемое на ремонты и техническое обслуживание, обычно известно, фиксируется в нарядах ремонтных служб и может быть учтено через фактический фонд времени работы оборудования. Проводить по этому поводу специальные исследования не целесообразно. Четыре состояния оборудования в целом относятся к процессу выпуска продукции и требуют подробного изучения с последующим анализом. При этом времена «аварийных» переналадок по своей величине аналогичны временам «возвратных» переналадок и будут определяться по одной методике.

Этапы проведения исследований

В соответствии с вышеизложенным, методика проведения исследований структуры затрат времени при обработке деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ включает в себя следующие этапы.

1. Углубленное знакомство с цехом, избранным в качестве объекта исследований (продукция, технологии, оборудование, организация эксплуатации и др.).
2. Систематизация и анализ цеховой информации, накапливаемой в процессе эксплуатации (выпуск продукции, отладка и функционирование оборудования, аварийные простои, ремонт и восстановление работоспособности и др.).
3. Выполнение наблюдений и замеров по факторам, не отражаемым в цеховой информации (переналадки, технические и организационные простои, ручные работы и др.).
4. Обобщение и обработка полученной информации, синтез данных, получаемых на этапах 2 и 3, оценка достоверности и устойчивости численных значений.

Рассмотрим способы практической реализации данных этапов.

Ознакомление с объектом

Результаты любых заимствованных известных материалов и собственных замеров, их математическая обработка могут быть достоверными лишь при условии, если специалисты, привлекаемые к данным работам, начнут свою деятельность с глубокого изучения продукции, технологии, технического арсенала средств производства, организации производства. Уровень этих знаний должен формироваться составлением комплекта графической и цифровой документации, в том числе:

- Планировка цеха или участка;
- Спецификация оборудования;
- Общая номенклатура производимых изделий, эскизы операций обработки на станках;
- Маршруты транспортирования и места складирования, величины грузопотоков;
- Расположение рабочих мест операторов и наладчиков, зоны обслуживания.

Рекомендуется по возможности составление собственных эскизов «с натуры». По данному этапу целесообразно составление отдельного отчета, отражающего глубину понимания объекта наблюдателем, прибывшим со стороны.

Систематизация и анализ цеховой информации

Организация работ должна начинаться с выбора конкретных объектов исследования, поскольку комплексный анализ всего цехового оборудования или даже отдельных ТК по всем параметрам – задача невыполнимая с учетом ограниченной длительности работ и числа их участников. Обычно в любых цехах имеются сведения, и ведется учет, по меньшей мере, следующих параметров:

- Номенклатура и задания по выпуску продукции за конкретные периоды времени (чаще всего – за календарный год);
- Директивная технологическая документация по методам и маршрутам обработки, дифференциации обработки по рабочим местам (позициям), а также технологическим режимам, расчетной длительности операций и переходов (что весьма часто не соответствует реальной их длительности);
- Партионность выпуска между переналадками станков, заданная и фактическая;
- Фактический выпуск по всей номенклатуре, с расшифровкой во времени (по дням, неделям, месяцам);
- Численность и категории производственного персонала, нормы обслуживания оборудования;
- Причины и длительности наиболее крупных простоев оборудования, главным образом – аварийных и по внешним причинам (длительные отключения электро-

энергии, отсутствие обрабатываемых материалов или заготовок, вакантность рабочих мест и т.п. в обоснование собственной непричастности).

В цехах с хорошим уровнем организации и управления производством руководители зачастую ведут и дополнительный учет, например:

- Длительности отладки станков по наиболее сложным и ответственным объектам обработки;
- Систематику простоев оборудования, с ранжированием технических и организационных причин, их удельного веса в общих простоях;
- Оценку длительности наиболее сложных и ответственных ручных операций и переходов (выверка заготовок при их установке, контрольные замеры после обработки...)
- Данных об использовании времени, автоматически регистрируемых устройствами ЧПУ (так называемые «счетчики»);
- Классификацию брака по видам и причинам возникновения.

Все эти данные, независимо от полезности последующего использования, необходимо запросить у цехового руководства, желательно – до начала работ привлеченных специалистов.

Методика сбора данных по затратам фонда времени работы оборудования с использованием «фотографии рабочего дня»

Под фотографией рабочего дня понимается вид изучения рабочего времени наблюдением и измерением *всех без исключения* затрат на протяжении рабочего дня или отдельной его части.

Изучение производится одним или несколькими «внешними» наблюдателями в течение, как минимум, двух рабочих недель для каждого рабочего места при многономенклатурном характере производства.

Для записи выполняемых на рабочем месте действий и фиксации связанных с этими действиями затрат времени используется специальный протокол сбора данных (таблица 1). В верхней части протокола фиксируются:

- Дата проводимых наблюдений;
- Модель оборудования, установленного на исследуемом рабочем месте;
- Номер и название детали, закрепленной за исследуемым рабочим местом в момент начала текущей рабочей смены;
- Марка материала закрепленной детали;
- Размер партии деталей, которая должна быть обработана на исследуемом рабочем месте до следующей переналадки.

Далее в строки таблицы протокола сбора данных (количество строк в таблице 1 дополняется до формата А4) последовательно заносятся все несовмещенные действия, выполняемые станком или оператором на рабочем месте, а также все несовмещенные события или процессы, происходящие на рабочем месте.

Под несовмещенными действиями подразумевается непрерывная последовательность действий или процессов, *не происходящих одновременно друг с другом* и равная по суммарной продолжительности длительности рассматриваемого периода. Таким образом, если во время работы станка по программе оператор занимается настройкой инструмента вне станка, такая деятельность является совмещенной во времени и не записывается в отдельную строчку. В то же время желательно по возможности фиксировать в протоколе в качестве комментариев также и все совмещенные действия. Данная информация может быть полезна при анализе эффективности работы оператора.

Таблица 1 – протокол сбора данных (фрагмент)

| | | | | |
|----------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|--|
| Дата: | Станок: | | Наименование предприятия | |
| | | | | |
| <i>Деталь:</i> | <i>Материал</i> | <i>Размер партии</i> | | |
| | | | | |
| Начало | Процесс | | | |
| | | | | |
| ... | ... | | | |
| | | | | |

Времена начала действий (левый столбец таблицы протокола сбора данных) могут фиксироваться при помощи часов или секундомеров с точностью до минуты. При наличии среди несовмещенных действий таких, длительность которых существенно меньше минуты (к примеру, короткие циклы обработки детали в автоматическом режиме), продолжительность таких действий записывается с точностью до секунды. В остальных случаях в этом нет необходимости.

Для полноты последующего анализа затрат времени желательно, кроме информации непосредственно о действиях оператора и станка, записывать в виде комментариев описание и подробности.

Для периодов обработки партий деталей:

- Номер операции и установка;
- Схему установки (базирования и закрепления) заготовки в приспособление, тип стандартного приспособления или описание специального;
- Порядковый номер детали в партии;
- Номер (наименование) каждой из программ обработки;
- Точную длительность цикла автоматической обработки на станке (если она отображается на экране устройства ЧПУ);
- Методы и средства внутриоперационного контроля.

Для простоев технического и организационного характера:

- Причины возникновения простоя (если точно известны);
- Меры, принимаемые оператором или другими лицами к устранению простоя;
- Возможность предотвратить данный простой, если таковая может быть оценена.

Для периодов отладок и переналадок:

- Если в процессе наладки меняется одно приспособление на другое – указать, с какого на какое;
- Если в процессе наладки происходит обработка элементов приспособления – описывать последовательно процесс обработки;
- Если в процессе наладки в станок устанавливаются режущие инструменты – количество вновь устанавливаемых инструментов и общее количество инструментов, необходимое для выполнения операции, на которую происходит наладка;
- Если при изготовлении первой детали происходит пошаговое выполнение программы с остановкой после обработки каждым инструментом – порядковый номер инструмента для каждого перехода (к примеру, «обработка вторым инструментом из восьми») и (при возможности) – содержание перехода (сверление отверстий, обработка пазов и т.д.).

Следующий этап – внесение полученных результатов в протокол первичной обработки данных наблюдений (таблица 2). Данный протокол реализован в виде электронной таблицы, созданной в программе Microsoft Excel.

В столбцы 1 и 3 протокола первичной обработки данных наблюдений вносятся данные о временах начала действий и содержании действий, взятые из протокола сбора данных. Время окончания процессов (столбец 2) и продолжительность каждого из действий (столбец 5) *рассчитываются электронной таблицей автоматически*. В столбец 6 заносятся все необходимые комментарии и разъяснения, отмеченные в процессе сбора данных.

В столбце 4 необходимо указать категорию затрат времени для каждого из зафиксированных процессов. Следует отметить, что, в зависимости от того, в каком из функциональных состояний (обработка партии, наладка, исправление брака) находится оборудование, одни и те же действия (например, остановки для текущего контроля и коррекции программы) могут быть отнесены к *разным категориям* затрат времени.

Таблица 2 – протокол первичной обработки информации (фрагмент)

| Начало | Конец | Процесс | Категория | Время, ч:мин | Примечание |
|--------|-------|---------|-----------|--------------|------------|
| | 0:00 | | | 0:00 | |
| | 0:00 | | | 0:00 | |
| | 0:00 | | | 0:00 | |

Пример заполненного протокола первичной обработки данных, полученного в результате апробации методики на примере станка Traub TNA цеха 400 ЗАО «ЗЭМ РКК «Энергия» приведен в таблице 3.

Обобщение и обработка полученной информации

1. Определение структуры затрат времени работы оборудования и расчет коэффициентов использования.

На основании данных протокола первичной обработки данных рассчитываются суммы затрат времени по категориям (обработка, простой, отработка, переналадка, исправление брака). Далее рассчитываются доли затрат по каждой из категорий в общем времени наблюдения (в процентах). На основании полученных данных строится диаграмма структуры затрат фонда времени работы оборудования (рис. 1). Также рассчитываются коэффициент экстенсивного использования оборудования $K_{эи}$ и коэффициент использования времени межналадочных периодов $\eta_{ис}$. Расчеты и построение диаграмм автоматизированы и проводятся в среде «Microsoft Excel.»

Построение диаграмм и расчет коэффициентов проводятся для:

- каждой из единиц оборудования;
- групп оборудования одинаковых моделей;
- каждого из типов оборудования (токарные с ЧПУ, фрезерные с ЧПУ, токарно-фрезерные с ЧПУ);
- каждого из производственных участков;
- цеха в целом.

Рассчитанные коэффициенты сводятся в таблицу (таблица 4), дающую представление о затратах времени по цеху в целом и «узких местах». Сравнение коэффициентов $K_{эи}$ и $\eta_{ис}$ (рис. 2) дает сравнительную картину доли непроизводительных затрат времени, происходящих по «внешним» и «внутренним» для цеха причинам.

2. Определение структуры затрат времени по составляющим.

На основании данных протокола первичной обработки данных производится систематизация затрат времени по категориям, далее – определение структуры и соотношения затрат времени по каждой из составляющих:

- Обработка партий деталей;
- Отработки новых деталей;
- Переналадки;
- Простой;
- Исправление брака.

Для каждой из вышеперечисленных составляющих строятся линейные диаграммы (рис. 3-7), показывающие структуру и соотношение в процентах категорий затрат времени.

Таблица 3 – пример заполненного протокола первичной обработки данных

| Начало | Конец | Процесс | Категория | Время, ч:мин | Примечание |
|--------|-------|------------------------------|---------------------|--------------|------------|
| 7:30 | 7:40 | запуск, прогрев | отработка - простой | 0:10 | |
| 7:40 | 7:45 | изучение документации | отработка - работа | 0:05 | |
| 7:45 | 8:00 | смена инструмента и кулачков | отработка - работа | 0:15 | |
| 8:00 | 8:30 | написание программы | отработка - ра- | 0:30 | |

| Начало | Конец | Процесс | Категория | Время, ч:мин | Примечание |
|--------|-------|--|------------------------|-----------------|--|
| | | | бота | | |
| 8:30 | 8:45 | обработка дет №1 ус-танов №1 с корректи-ровкой программы | отработка - ра-бота | 0:15 | деталь ЗЗУ.8121.001 |
| 8:45 | 8:47 | отпилить деталь | отработка - ра-бота | 0:02 | пила (ножовка) |
| 8:47 | 8:51 | обработка дет №2 ус-танов №1 | работа автома-тическая | 0:04 | |
| 8:51 | 8:52 | отпилить деталь | работа ручная | 0:01 | |
| 8:52 | 8:56 | смена режущей пла-стины | простой техни-ческий | 0:04 | отрезной резец |
| 8:56 | 9:00 | обработка дет №3 ус-танов №1 | работа автома-тическая | 0:04 | |
| 9:00 | 9:03 | отпилить деталь | работа ручная | 0:03 | |
| 9:03 | 9:07 | обработка дет №4 ус-танов №1 | работа автома-тическая | 0:04 | |
| 9:07 | 9:08 | отпилить деталь | работа ручная | 0:01 | |
| 9:08 | 9:12 | обработка дет №5 ус-танов №1 | работа автома-тическая | 0:04 | |
| 9:12 | 9:13 | отпилить деталь | работа ручная | 0:01 | |
| 9:13 | 9:17 | обработка дет №6 ус-танов №1 | работа автома-тическая | 0:04 | |
| 9:17 | 9:19 | отпилить деталь | работа ручная | 0:02 | |
| 9:19 | 9:23 | обработка дет №7 ус-танов №1 | работа автома-тическая | 0:04 | |
| 9:23 | 9:25 | отпилить деталь | работа ручная | 0:02 | |
| 9:25 | 10:55 | обработка деталей с 8ой по 32ю установ №1 | работа автома-тическая | 1:30 | |
| 10:55 | 11:33 | отпилить детали 25 шт | работа ручная | 0:38 | |
| 11:33 | 11:55 | изучение документа-ции | отработка - ра-бота | 0:22 | |
| 11:55 | 13:00 | смена инструмента и привязка | отработка - ра-бота | 1:05 | с заточкой сверла |
| 13:00 | 15:40 | Работа с технологом | отработка - ра-бота | 2:40 | загрузка программы, кор-ректировка, обсуждение |
| 15:40 | | Окончание смены | | | |

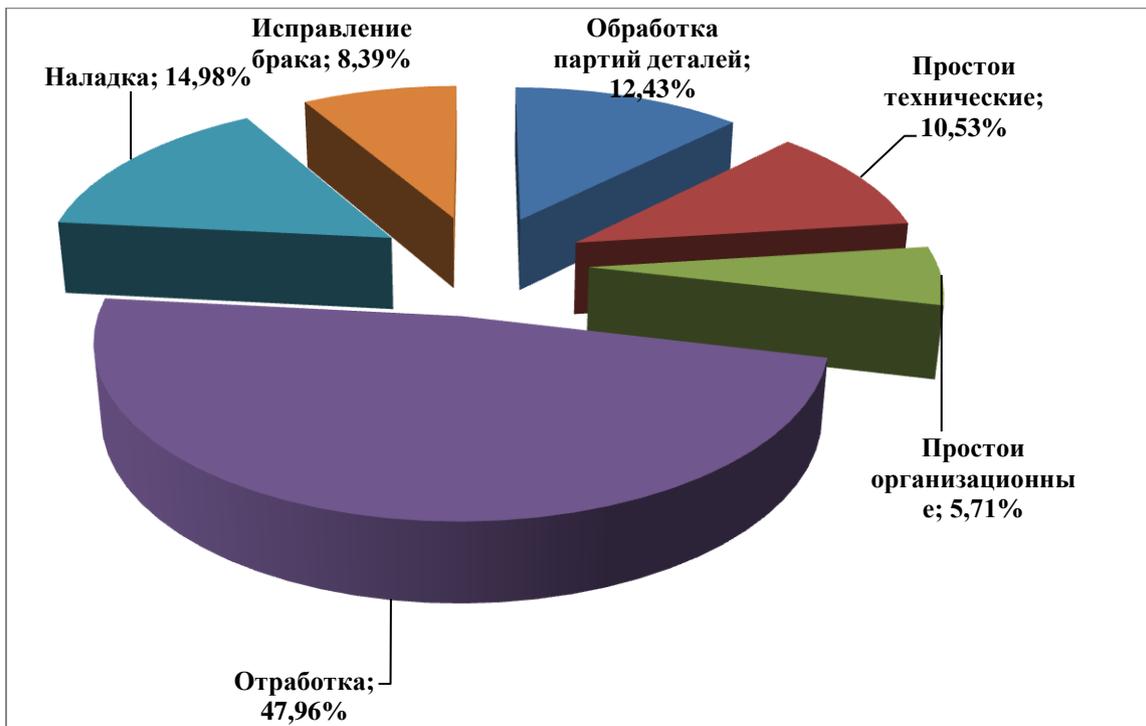


Рисунок 1 - структура затрат фонда времени станка с ЧПУ

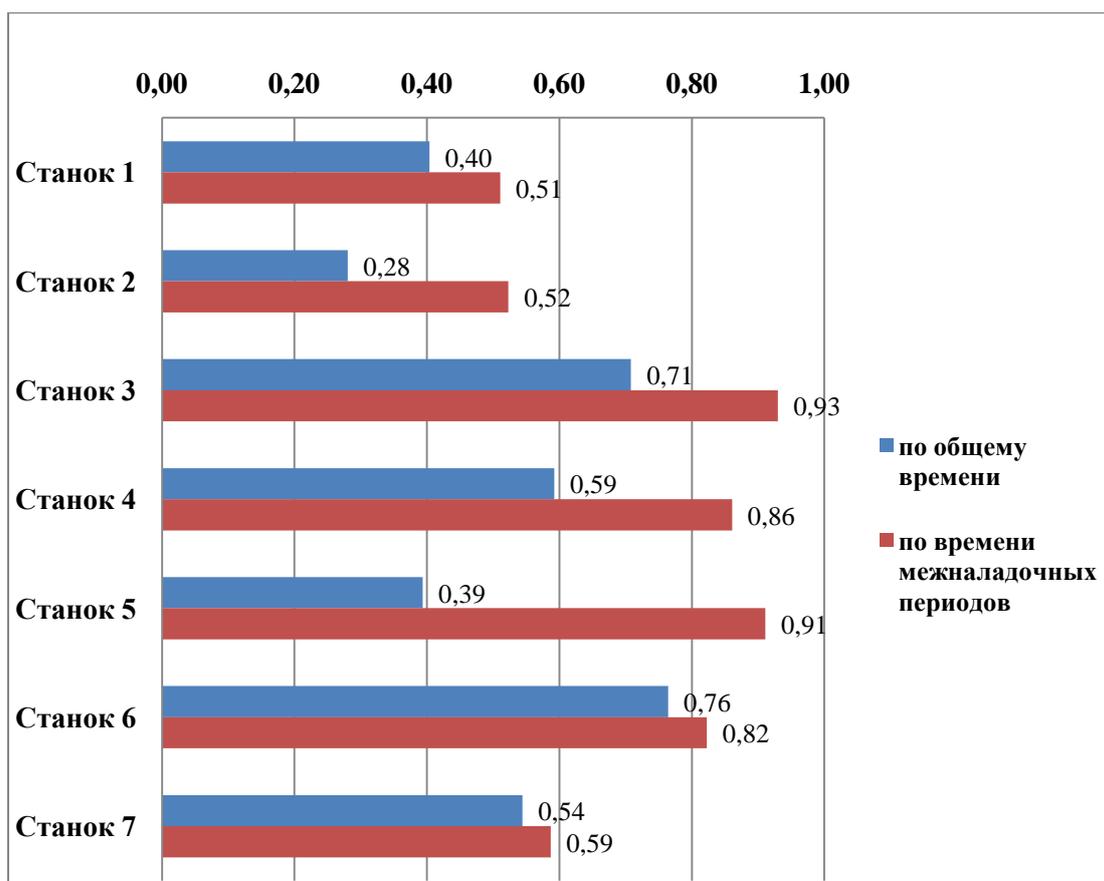


Рисунок 2 - Коэффициенты $K_{эп}$ и $\eta_{ис}$ для оборудования цеха станков с ЧПУ

Для апробации разработанной методики были выбраны станки Traub TNA 300 (две единицы), Micron Vario UCP 600 и Micron Vario 600 (две единицы) цеха 400 ЗАО «ЗЭМ РКК «Энергия».

Полученные при апробации методики значения коэффициентов, определяющих эффективность использования фонда времени для оборудования с ЧПУ цеха 400 ЗАО «ЗЭМ РКК «Энергия»:

- Коэффициент экстенсивного использования $K_{эи} = 0,21$;
- Коэффициент использования времени межналадочных периодов $\eta_{ис} = 0,62$.

Полученные численные значения коэффициентов показывают необходимость выработки плана корректирующих мероприятий с целью повышения эффективности использования фонда времени оборудования. При этом разница в значениях $K_{эи}$ и $\eta_{ис}$ указывает на особое значение проблемы потерь времени на наладочные процессы.

Таблица 4 - Значения коэффициентов $K_{эи}$ для отдельных станков, групп и типов оборудования, цеха.

| № п/п | Наименование станков | Перечень станков по типу | Название групп | $K_{эи}$ | | | |
|-------|----------------------|--------------------------|----------------|-------------------|---------|-----------|-------|
| | | | | по каждому станку | по типу | по группе | общий |
| 1 | Станок 1 | Тип1 | Группа1 | 0,54 | 0,39 | 0,40 | 0,35 |
| 2 | Станок 2 | | | 0,25 | | | |
| 3 | Станок 3 | | | | | | |
| 4 | Станок 4 | Тип2 | | 0,19 | 0,37 | | |
| 5 | Станок 5 | | | 0,62 | | | |
| 6 | Станок 6 | Тип3 | Группа2 | 0,42 | 0,49 | 0,49 | |
| 7 | Станок 7 | | | 0,56 | | | |
| 8 | Станок 8 | | Группа3 | 0,24 | | 0,16 | |
| 9 | Станок 9 | | | 0,12 | | | |
| 10 | Станок 10 | | | 0,13 | | | |

Распределение времени при обработке партий деталей, %

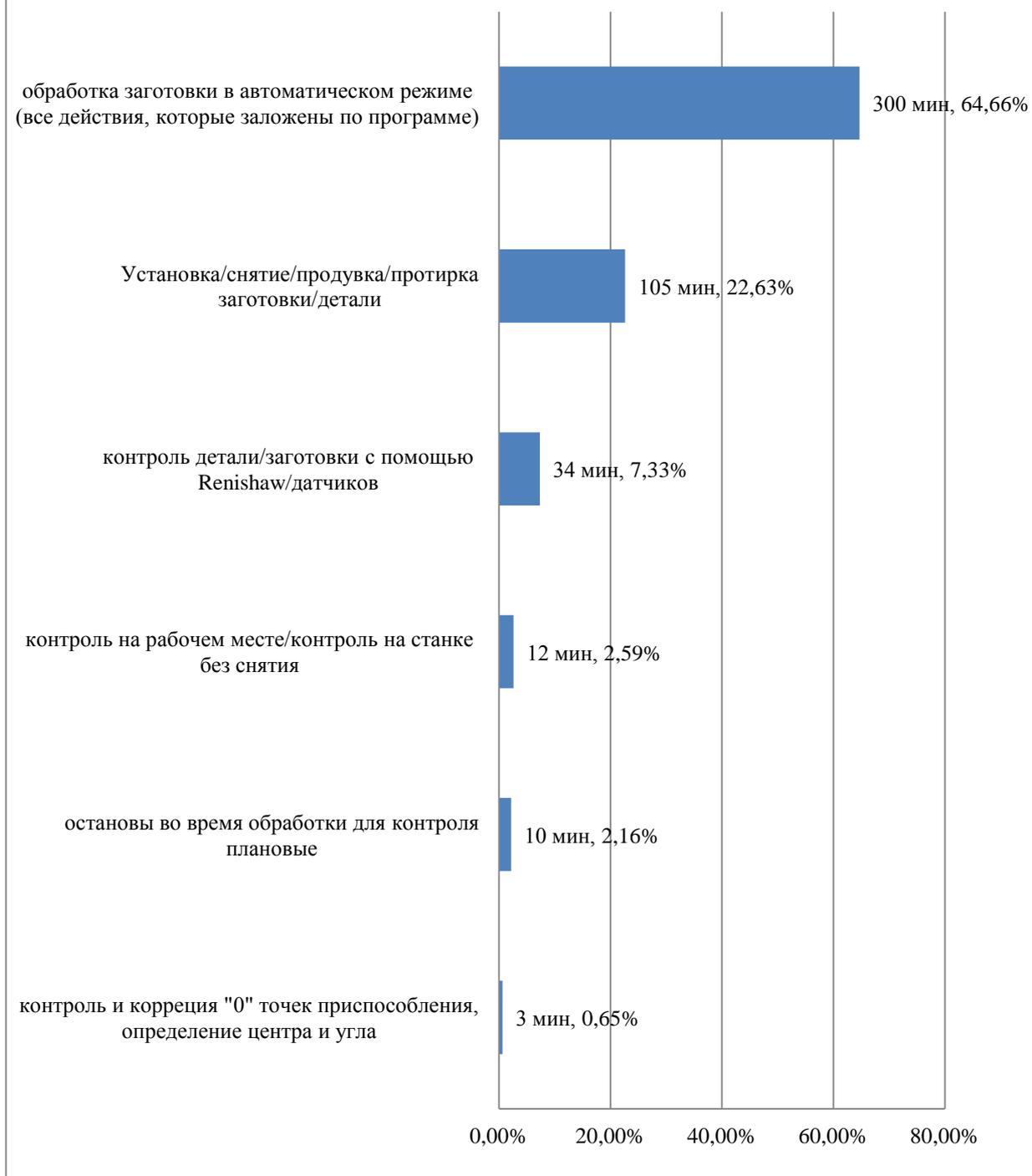


Рисунок 3 - Затраты времени при обработке партий деталей на станке с ЧПУ

Распределение времени при отработке, %

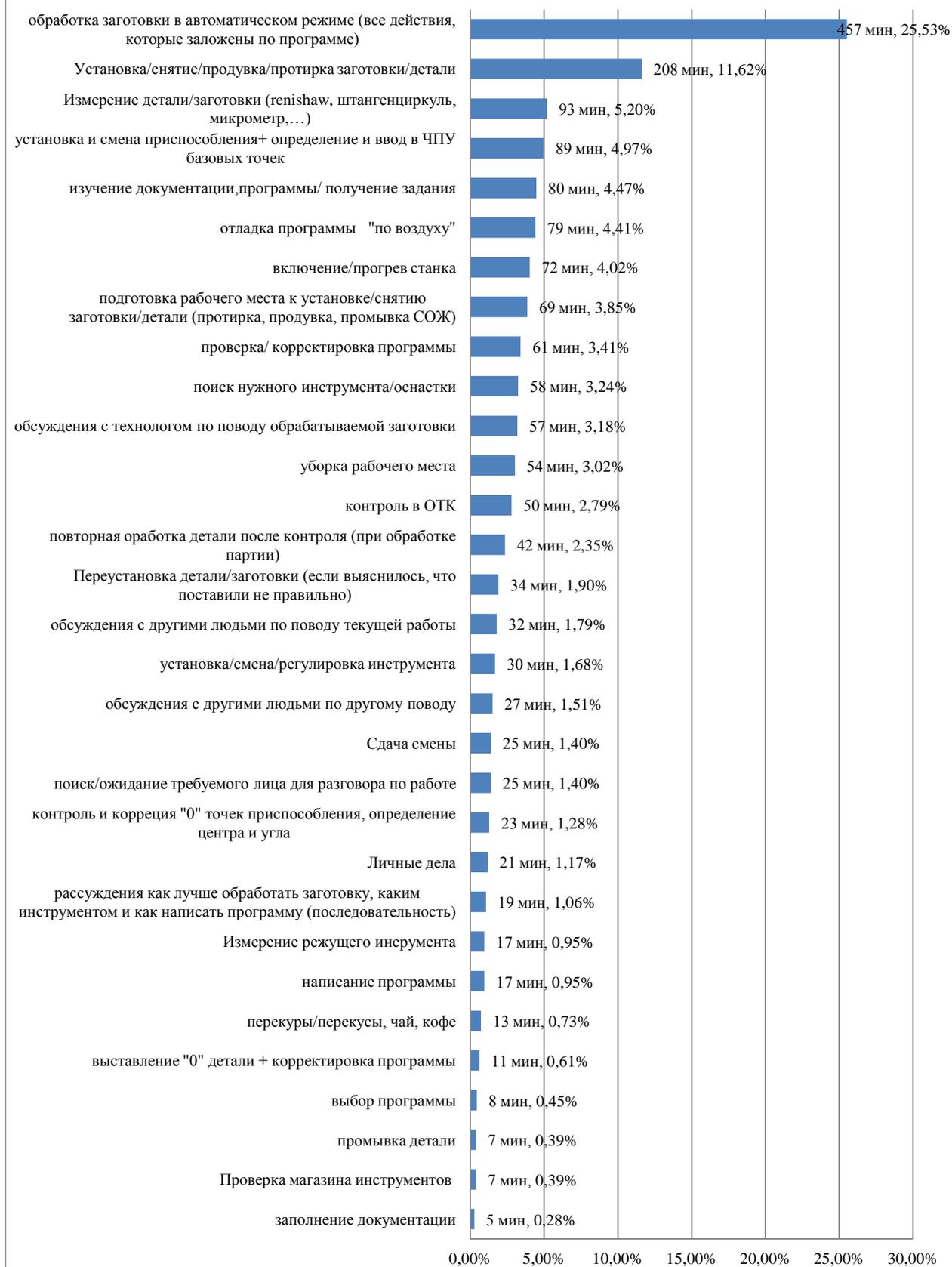


Рисунок 4 - Затраты времени при отработке деталей на станке с ЧПУ

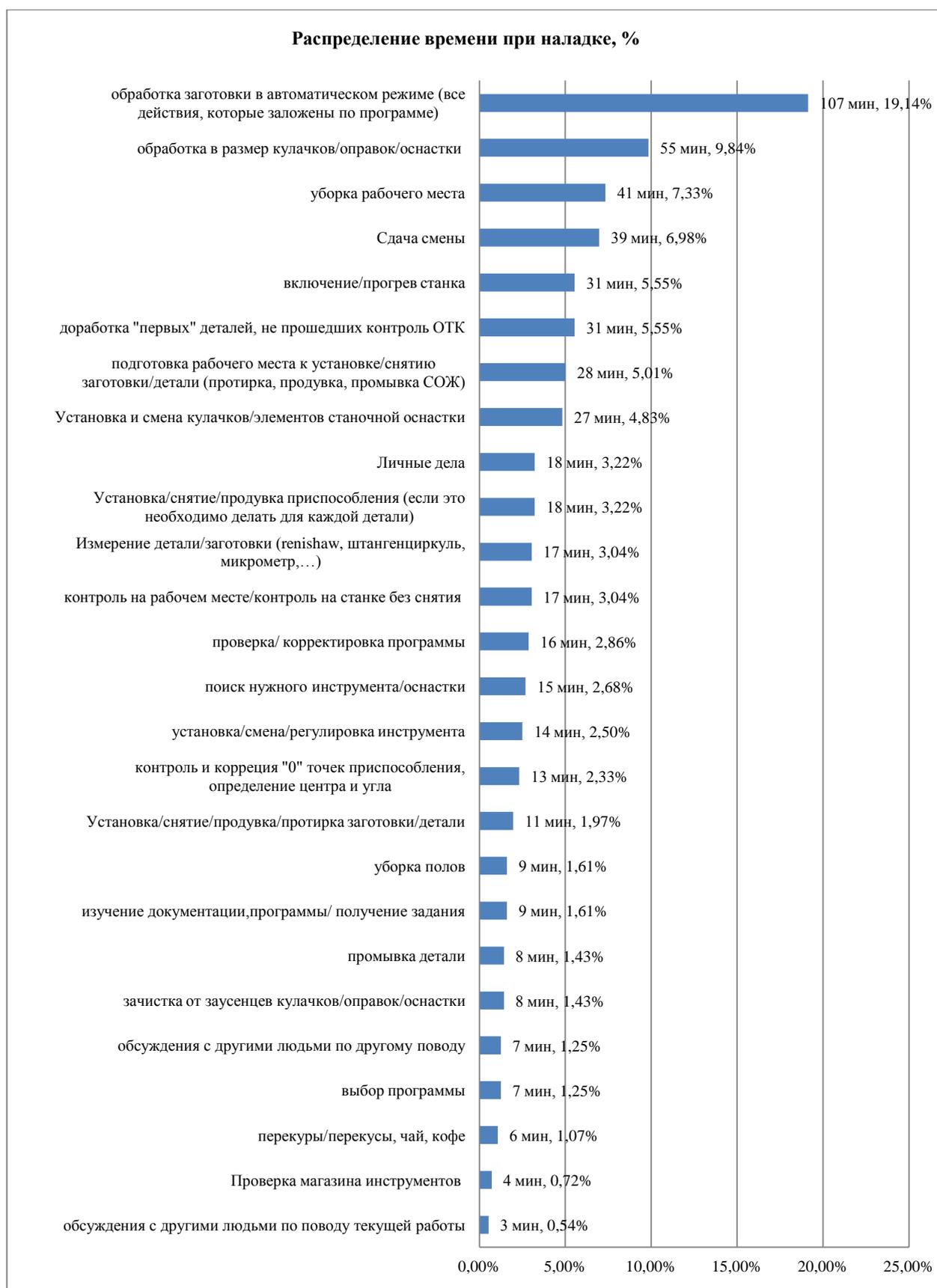


Рисунок 5 - Затраты времени при наладке станка с ЧПУ

Распределение времени при простоях, %

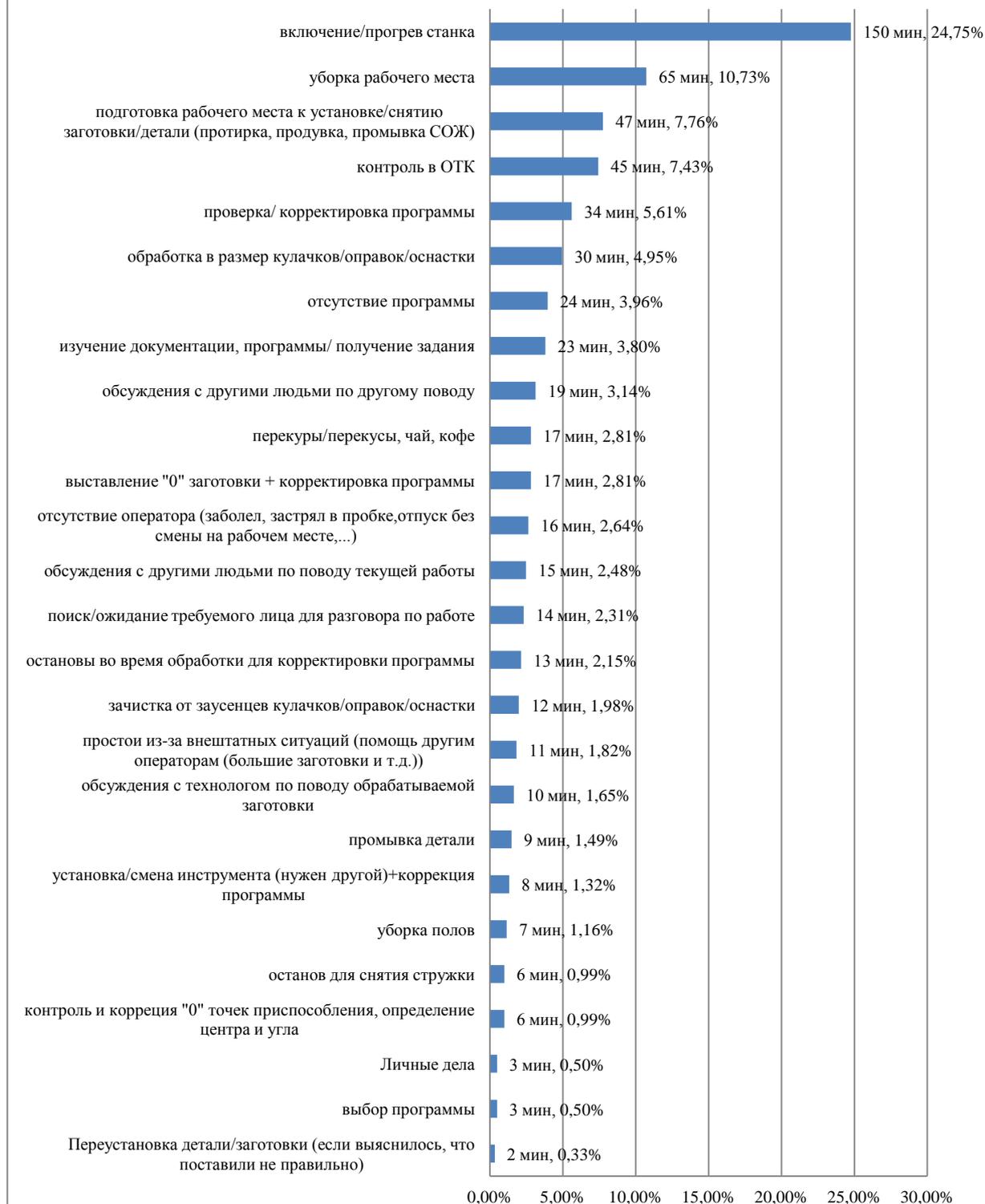


Рисунок 6 - Простои станка с ЧПУ

Распределение времени при исправлении брака, %

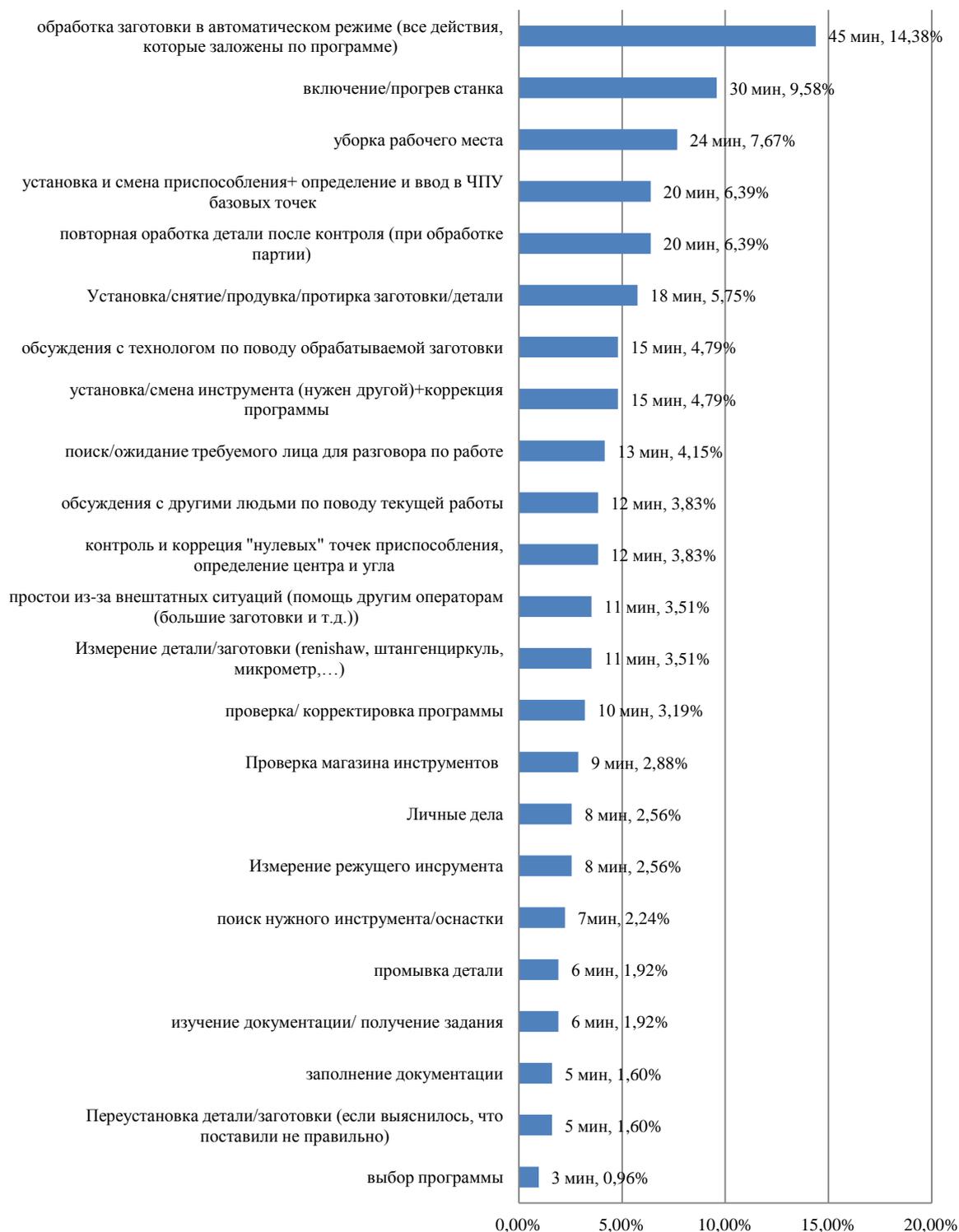


Рисунок 7 - Затраты времени при исправлении брака на станке с ЧПУ

Выводы

1. Применение станков с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства, с учетом высокой стоимости данного оборудования, требует внедрения методики оценки эффективности их использования во времени.
2. Особое внимание при анализе эффективности использования высокопроизводительного оборудования следует уделять непроизводительным затратам времени, в том числе – затратам времени на наладочные процессы.
3. Апробация предложенной методики показала, что для предприятий машиностроения, работающих в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства характерные коэффициенты использования оборудования во времени составляют: $K_{зи} = 0,21$, $\eta_{ис} = 0,62$, что требует внедрения комплекса корректирующих мероприятий.
4. Для выработки комплекса корректирующих мероприятий необходимо не только общее оценивание степени использования оборудования во времени, но и детализация затрат времени по составляющим и процессам.

Список литературы

1. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие. М.: Машиностроение, 2005. 380 с.
2. 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.
3. Волчкевич И.Л. Декомпозиция фонда времени, как основа для расчета необходимого количества оборудования в условиях многономенклатурного производства // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2011. № 9. С. 62-64.