

УДК 62-05

**Андрей Владимирович Аверченков**

Брянский государственный технический университет, доктор технических наук, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем, Россия, Брянск, e-mail: mahar@mail.ru

**Инна Евгеньевна Колошкина**

АНО «Федеральный центр компетенций в сфере производительности труда», аспирант, руководитель проектов, Россия, Москва, e-mail: inna.koloshkina@yandex.ru

**Сергей Александрович Шептунов**

ФГБУН Институт конструкторско-технологической информатики РАН, доктор технических наук, генеральный директор, Россия, Москва, e-mail: ship@ikti.ru

## **Автоматизация нормирования операций производства изделий на оборудовании с ЧПУ**

### **Авторское резюме**

**Состояние вопроса.** Автоматизация получения исходных данных и выполнения расчетов при технологической подготовке производства многократно повышает эффективность и качество решения проектных технологических задач. Составляющей частью технологической подготовки производства является определение нормативов времени и норм выработки. В процессе установившегося производства необходима оперативная информация об эффективности выполнения заданий различными категориями исполнителей и структурными подразделениями в целях принятия управленческих решений. При эксплуатации оборудования с программным управлением предоставляется возможность реализации автоматизированного сбора необходимой информации и расчета показателей.

**Материалы и методы.** В процессе исследования использован способ получения данных об эксплуатации оборудования непосредственно с устройств программного управления с последующей обработкой полученной информации на вычислительной платформе. Обработка результатов выполнена с использованием методов математической статистики, оценка результативности производства произведена по показателям общей эффективности *OEE (Overall Equipment Efficiency)*.

**Результаты.** Для автоматизации нормирования, интеллектуальной поддержки процессов управления и обработки данных в технологических системах управления разработана методика сбора информации и расчета показателей при изготовлении изделий на станках с ЧПУ. На основании исходных данных, считываемых с устройств программного управления оборудования, на вычислительной платформе, реализованной по предложенным алгоритмам, определяются нормативы времени и нормы выработки при запуске производства новых изделий, а также критерии оценки эффективности установившегося производственного процесса. Для сравнительного анализа эффективности работы производственных подразделений за учитываемый период времени уточнен, применительно к обработке на станках с ЧПУ, показатель – среднее значение объема выпуска продукции за условную смену в нормо-часах.

**Выводы.** Опыт практического использования результатов исследования показал, что данный подход сокращает время технологической подготовки производства, обеспечивает повышение эффективности оперативного управления производством, а также предоставляет оперативную информацию для оценки процесса изготовления изделий на станках с ЧПУ.

**Ключевые слова:** станки с ЧПУ, время машинное, время штучное, математическая статистика, математическое ожидание, нормы выработки, коэффициент загрузки оборудования, сравнительный анализ эффективности производства

**Andrei Vladimirovich Averchenkov**

Bryansk State Technical University, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Computer Technologies and Systems Department, Russia, Bryansk, e-mail: mahar@mail.ru

**Inna Evgenievna Koloshkina**

ANO «Federal Center of Competences in the Sphere of Workforce Productivity», Post Graduate Student, Project Supervisor, Russia, Moscow, e-mail: inna.koloshkina@yandex.ru

**Sergei Alexandrovich Sheptunov**

Institute of Design and Technology Informatics of RAS, Doctor of Engineering Sciences, General Director, Russia, Moscow, e-mail: ship@ikti.ru

## Automation of introduction of norms of working operations on CNC equipment

### Abstract

**Background.** Automation of getting initial data and calculation for manufacturing preparation improves the efficiency and decision quality of design process tasks. An integral part of the manufacturing preparation is definition of time standards and production rates. In the process of manufacturing, operational information is needed to analyze the effectiveness of tasks performed by various categories of performers and structural divisions to make managerial decisions. During operation of equipment with software control, it is possible to implement automated gathering of necessary information and calculation of indicators.

**Materials and methods.** In the course of the research, the method was used to obtain information about the operation of the equipment directly from software control devices. Then obtained information was processed by the computing platform. The results were processed using mathematical statistics methods, and production performance was evaluated according to the overall equipment efficiency indicators (OEE).

**Results.** For automation of production, intellectual support of control processes and data processing in process control systems, the method of gathering information and calculating indicators during products manufacturing on CNC machines has been developed. Based on the initial data obtained from the equipment with software control, time standards and production rates when starting manufacturing new products are determined on a computing platform implemented using the algorithms proposed by the authors. Also, the criteria of evaluation of the effectiveness of the established production process are set. For a comparative analysis of the efficiency of the performance of production departments for the period taken into account, the authors specify the special indicator, i.e. the average value of the volume of output per a conditional shift per standard hour in relation to processing on CNC machines

**Conclusions.** The experience of practical application of the research results has shown that this approach reduces the time of manufacturing preparation, improves the efficiency of operational production management, and also provides operational information for evaluating the process of manufacturing products on CNC machines.

**Key words:** CNC machines, machine time, piece time, mathematical statistics, mathematical expectation, production rates, equipment load factor, comparative analysis of production efficiency

**DOI:** 10.17588/2072-2672.2020.6.057-067

**Состояние вопроса.** Актуальность выполнения проведенных исследований обусловлена ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации технологического производства, комплексной автоматизации и интегрированного управления сетью технологических процессов. Автоматизация получения исходных данных и расчетов при технологической подготовке производства (ТПП) многократно повышает эффективность и качество решения проектных технологических задач [1]. Составляющей частью ТПП при запуске производства новых изделий является определение нормативов времени и норм выработки. В процессе установившегося производства необходимы способы оперативного анализа эффективности выполнения производственных заданий различными категориями исполнителей и структурными подразделениями для принятия

управленческих решений. Для выполнения расчетов норм времени и норм выработки при изготовлении каждой детали в процессе работы производится непосредственное наблюдение и фиксирование наблюдателем ряда показателей – времени работы оборудования при изготовлении каждой детали; числа деталей, выполненных за определенный отрезок времени; времени проведения наблюдений с последующими расчетами. Подготовка данных и выполнение расчетов связаны со значительными затратами времени, привлечением для решения этих задач квалифицированного персонала [2]. В целях повышения эффективности оперативного управления при эксплуатации оборудования с программным управлением представляется возможность реализации автоматизированного сбора необходимой информации и последующего расчета

нормативов времени и норм выработки [3–4]. Необходимо разработать методику экспресс-анализа, основанного на информационных возможностях устройств ЧПУ (УЧПУ), сокращающую время подготовки таких данных и не требующую привлечения для выполнения этих функций дополнительных человеческих ресурсов. Для оперативной оценки эффективности работы оборудования предоставляется возможность применить показатели, реализуемые с учетом информационных возможностей УЧПУ [5]. Также требует уточнения показатель, позволяющий оперативно производить сравнительный анализ работы операторов станков с ЧПУ, работающих в различных условиях.

**Материалы и методы.** В процессе исследования использованы способы получения сведений об эксплуатации оборудования непосредственно с устройств программного управления с последующей обработкой полученной информации на предложенной вычислительной платформе. Для выполнения расчетов и последующего анализа фиксируется информация, отражающаяся на экране монитора УЧПУ [1]:

– время работы по программе ( $T_{пр}$ ) – определяется по показаниям на мониторе УЧПУ в минутах при изготовлении детали по программе;

– показания счетчика на начало наблюдений ( $N_1$ ) – определяются по показаниям значений в штуках на мониторе УЧПУ;

– показания счетчика на конец наблюдений ( $N_2$ ) – определяются по показаниям значений в штуках на мониторе УЧПУ;

– время на начало наблюдений ( $T_{1час}$ ,  $T_{1мин}$ ) – фиксируется в часах и минутах;

– время на конец наблюдений ( $T_{2час}$ ,  $T_{2мин}$ ) – фиксируется в часах и минутах;

– время остановок оборудования на устранение неполадок ( $T_{3час}$ ,  $T_{3мин}$ ) – фиксируется в часах и минутах.

Все перечисленные значения используются для последующего расчета показателей и анализа.

Количество изготовленных деталей  $N$  в штуках за период наблюдений определяется по формуле

$$N = N_2 - N_1, \quad (1)$$

где  $N_1$  – показания счетчика на мониторе УЧПУ на начало наблюдений;  $N_2$  – показани

ния счетчика на мониторе УЧПУ на конец наблюдений.

Время наблюдения ( $T_{набл}$ ) в минутах определяется по формуле

$$T_{набл} = (T_{2час} \cdot 60 + T_{2мин}) - [(T_{1час} \cdot 60 + T_{1мин}) + (T_{3час} \cdot 60 + T_{3мин})], \quad (2)$$

где  $T_{1час}$ ,  $T_{1мин}$  – время на начало наблюдений в часах и минутах;  $T_{2час}$ ,  $T_{2мин}$  – время на конец наблюдений в часах и минутах;  $T_{3час}$  и  $T_{3мин}$  – время остановок оборудования на устранение неполадок в часах и минутах.

Обработка результатов выполнялась методами математической статистики, оценка результативности производства производилась по показателям общей эффективности оборудования *OEE* (*Overall Equipment Efficiency*).

**Результаты.** Для автоматизации производства, интеллектуальной поддержки процессов управления и обработки данных в технологических системах управления разработана методика расчета нормативов и показателей при изготовлении изделий на станках с ЧПУ. На основании исходных данных, считываемых с устройств программного управления оборудования, на вычислительной платформе определяются нормативы времени и нормы выработки при запуске производства новых изделий, а также критерии оценки эффективности установленного производственного процесса (рис. 1).

Вычислительная платформа представляет последовательную цепь математических выражений вычисления показателей, на основе исходных данных получаемых с УЧПУ.

Машинное время ( $T_{маш}$ ) – для станков с ЧПУ отработка полного цикла по программе – определяется по показаниям на мониторе УЧПУ в целых и десятичных значениях минут ( $T_{пр}$ ) [4]:

$$T_{маш} = T_{пр}, \quad (3)$$

где  $T_{пр}$  – время работы по программе в минутах.

Штучное время ( $T_{шт}$ ) – время, затрачиваемое непосредственно на изготовление (обработку) единицы продукции, – включает в себя время машинное  $T_{маш}$ , вспомогательное время  $T_{всп}$ , время обслуживания  $T_{обсл}$ , время перерывов и личные надобности  $T_{пер}$ .

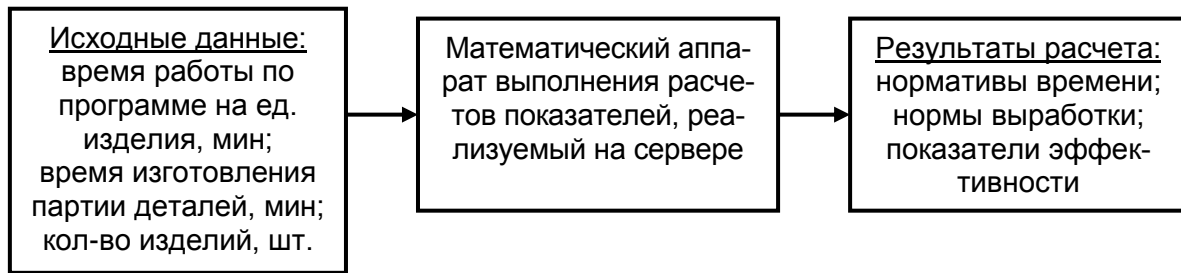


Рис. 1. Схема реализации исследований по определению показателей производства изделий на оборудовании с ЧПУ

Теоретически норму штучного времени можно рассчитать по формуле

$$T_{шт} = T_{маш} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{пер}. \quad (4)$$

Значения показателей (4) выбирается из нормативов. В нашем случае значение нормы штучного времени определяется экспериментально как соотношение времени наблюдения к количеству деталей, изготовленных за этот период:

$$T_{шт} = T_{набл} / N \text{ (мин)}, \quad (5)$$

где  $T_{набл}$  – время наблюдения, мин, определяемое по (2);  $N$  – количество изготовленных деталей одного наименования, шт., за время наблюдений, определяемое по (1).

Так как значения штучного времени ( $T_{шт}$ ) при мониторинге в разные дни и у разных операторов станков с ЧПУ могут различаться, то среднее значение штучного времени ( $T_{шт}$ ) изготовления детали определяем методом математической статистики по результатам выборки и принимаем его как математическое ожидание случайных величин времени  $T_{шт}$ , зарегистрированных в ходе мониторинга [6].

Математическое ожидание, мин,  $M(T_{шт})$  находится по формуле

$$M[T_{шт}] = \sum x_i \cdot p_i, \quad (6)$$

где  $x_i$  – значения замеров  $T_{шт}$ , мин;  $p_i$  – вероятность случайного события  $T_{шт}$ .

Вероятность  $p_i$  случайного события  $T_{шт}$  определяется по формуле

$$p_i [T_{шт}] = m/n. \quad (7)$$

Дисперсия находится по формуле

$$D[T_{шт}] = \sum x_i^2 \cdot p_i - M[T_{шт}]^2. \quad (8)$$

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma(x)$  определяется по формуле

$$\sigma(T_{шт}) = \sqrt{D} [T_{шт}]. \quad (9)$$

Коэффициент вариации определяется по формуле

$$v = \sigma(x) / M [T_{шт}]. \quad (10)$$

Если при расчетах  $v \leq 30\%$ , то совокупность считается однородной, а вариация

слабой. Полученное математическое ожидание значения  $T_{шт}$  принимается для дальнейших расчетов.

Для планирования выпуска изделий определяются нормы выработки в единицу времени. Норма выработки изготовления деталей в одну смену ( $N_{см}$  шт/смену) длительностью в 8 часов на одном станке определяется по формуле

$$N_{см} = 480 / T_{шт} \text{ (шт/смену)}, \quad (11)$$

где 480 – время в минутах в смене длительностью в 8 часов;  $T_{шт}$  – время изготовления одной детали в минутах.

Норма выработки изготовления деталей в час ( $N_{час}$  шт/час) на одном станке определяется по формуле

$$N_{час} = 60 / T_{шт} \text{ (шт/ч)}, \quad (12)$$

где 60 – время в минутах;  $T_{шт}$  – время изготовления одной детали в минутах.

Штучно-калькуляционное время ( $T_{шк}$ ) – полное штучное время на изготовление единицы изделия (с учетом затрат подготовительно-заключительного времени ( $T_{пз}$ ) на партию деталей  $N$ ) – определяется по формуле

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз} / N, \quad (13)$$

где  $T_{шт}$  – время изготовления одной детали в минутах;  $T_{пз}$  – подготовительно-заключительного времени в минутах на партию деталей (устанавливается по нормативам или определяется наблюдением);  $N$  – число деталей в партии в штуках при серийном производстве.

Расчеты по разработанной методике реализуются на персональном компьютере на вычислительной платформе, алгоритм расчета приведен на рис. 2.

Сравнительный анализ трудозатрат на привлечение квалифицированного персонала для определения нормативов времени и норм выработки для различных методов выполнения исследований при изготовлении изделий на оборудовании с ЧПУ приведен в табл. 1.

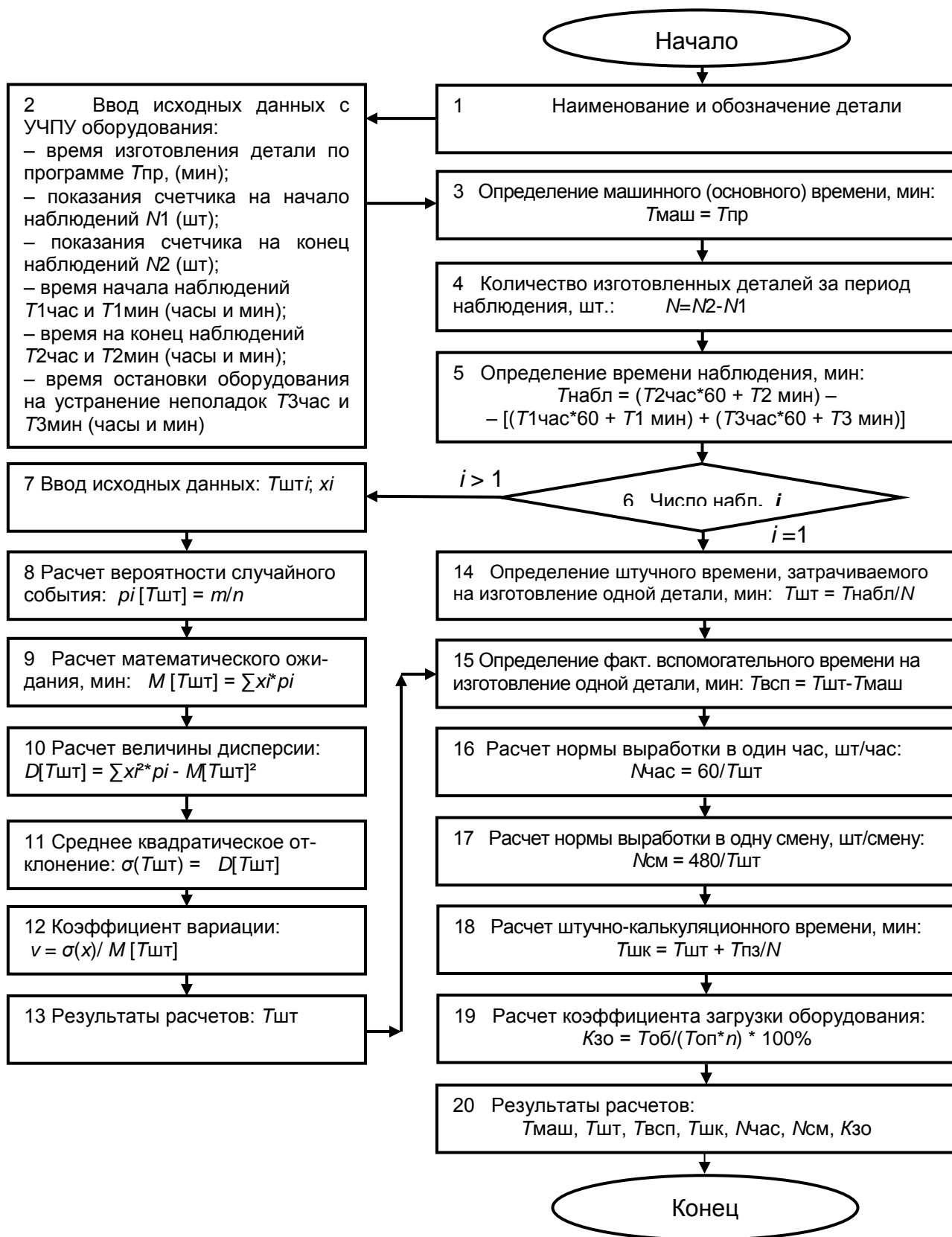


Рис. 2. Алгоритм расчета норм времени, норм выработки и показателей эффективности производства

Анализ полученных результатов (табл. 1) позволяет сделать следующие выводы: 1) применение автоматизированных способов определения нормативов времени и норм выработки при обработке на станках

с ЧПУ позволяет сократить трудозатраты на привлечение квалифицированного персонала в 10–30 раз; 2) наличие локальной сети сокращает время автоматизированной подготовки выходных данных до 5 раз.

Таблица 1. Сравнительный анализ вариантов трудозатрат определения нормативов времени и норм выработки при изготовлении изделий на оборудовании с ЧПУ

| № п/п | Материальная база и вид исследований   | Подготовка исходных данных на ПК             | Получение информации для расчета   | Регистрация результатов наблюдения                                      | Ввод данных и расчет нормативов  | Трудо-затраты, % Тперс |
|-------|--|--|--|---|--|------------------------|
| 1     | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7                      |
| 1.    | УЧПУ низкого уровня. Ручной режим замеров  | В ручном режиме<br><br>5 % Тперс             | Непосредственное наблюдение за выполнением работ<br><br>82 % Тперс                   | Фиксирование в листе наблюдений<br><br>8 % Тперс                        | Ручной ввод на ПК и расчет нормативов по программе<br><br>5 % Тперс                                  | 100 %                  |
| 2.    | УЧПУ среднего уровня, локальная сеть отсутствует. Автоматизированный режим замеров       | С использованием баз данных<br><br>2 % Тперс | Информация отражается на мониторе УЧПУ после выполнения цикла работ<br><br>0 % Тперс | Фиксирование в листе наблюдений с монитора УЧПУ<br><br>8 % Тперс        | Ручной ввод на ПК и расчет нормативов по программе<br><br>5 % Тперс                                  | 15 %                   |
| 3.    | УЧПУ высокого уровня, локальная сеть. Автоматизированный режим замеров и передача данных | С использованием баз данных<br><br>2 % Тперс | Информация отражается на мониторе УЧПУ после выполнения цикла работ<br><br>0 % Тперс | Автоматизированное фиксирование результатов наблюдений<br><br>0 % Тперс | Автоматизированный перенос данных на вычислительную платформу ПК. Расчет нормативов<br><br>1 % Тперс | 3%                     |

*Примечание.* Тперс – время непосредственного привлечения квалифицированного персонала для получения необходимых данных в нормо-часах.

При изготовлении изделий на станках с ЧПУ оператор обслуживает несколько станков, и расчет его заработной платы выполняется с учетом коэффициента многостаночного обслуживания ( $K_m$ ) по формуле

$$Z_{om} = \sum(T_{шк} * N_i) / 60 * K_m * Ч_{ст} \text{ (руб)}, \quad (14)$$

где  $T_{шк}$  – штучно-калькуляционное время на единицу изделия, мин;  $N$  – число изделий одного наименования, шт.;  $Ч_{ст}$  – часовая тарифная ставка, установленная для операторов в зависимости от разряда работ на предприятии, руб. в час;  $K_m$  – коэф-

фициент многостаночного обслуживания, определяемый по табл. 2.

Для оценки эффективности работы производства применялся известный в международной практике показатель *OEE* (*Overall Equipment Effectiveness*):

$$OEE = \text{Готовность} \times \text{Производительность} \times \text{Качество} \times 100,$$

где *Готовность* – фактическое время работы оборудования/плановое время работы оборудования; *Производительность* – текущая выработка/запланированная выработка; *Качество* – количество качественных изделий/общее количество изделий.

Таблица 2. Значения коэффициента многостаночного обслуживания  $K_m$ 

| Число обслуживаемых станков, $n$ | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    |
|----------------------------------|---|------|------|------|------|
| $K_m$                            | 1 | 0,65 | 0,48 | 0,39 | 0,35 |

Для оценки эффективности работы производственного участка и каждого оператора за исследуемый период в категории *Готовность* (по показателю ОЕЕ), а также для сопоставления результатов используем показатель *Коэффициент загрузки оборудования* ( $K_{зо}$ ) как соотношение времени работы оборудования по изготовлению деталей (сумма  $T_{маш}$  изготовленных деталей за исследуемый период) и времени работы оператора за исследуемый период [1]. *Коэффициент загрузки оборудования* применительно к оборудованию с ЧПУ определяется по формуле

$$K_{зо} = (T_{об}/T_{оп} * n) * 100 \%, \quad (15)$$

где  $T_{об}$  – время работы  $n$  единиц оборудования, определяемое по количеству изготовленных деталей за исследуемый период, равное сумме произведений количества деталей одного наименования на  $T_{маш}$  этой детали, мин;  $T_{оп}$  – время работы оператора (участка) за исследуемый период времени,  $T_{час} * 60$ , мин;  $n$  – количество одновременно обслуживаемых оператором станков, шт.

Время работы всех единиц оборудования  $T_{об}$  за исследуемый период (смена, декада, месяц и т.п.) определяется как сумма произведений машинного времени и количества каждой изготовленной детали за этот период по формуле

$$T_{об} = \sum T_{маш i} * N_i \text{ (мин)}, \quad (16)$$

где  $T_{маш i}$  – время работы станка по программе при изготовлении одной  $i$ -й детали, мин;  $N_i$  – число деталей  $i$ -го наименования, изготовленных за исследуемый период времени.

Проект апробирован и реализован на одном из предприятий, производящих электротехнические изделия. Предложенная методика позволила проводить оперативный анализ эффективности работы операторов и участка в целом за любой временной отрезок – смену, сутки, декаду, месяц – для принятия управленческих решений. График анализа эффективности помесичной работы одного из производственных участков по показателю *Коэффициент загрузки оборудования* приведен на рис. 3. На первом этапе был выполнен расчет  $K_{зо}$ , до проведения исследований он составлял менее 56 %. После проведения исследований, разработки и внедрения нормативов времени и норм выработки, что нашло отражение в сменно-суточных заданиях для операторов,  $K_{зо}$  возрос до 80 % и более. Эти показатели близки к расчетным значениям, такой критерий по мировым стандартам должен приближаться к 90 % [7].

Операторы станков с ЧПУ в течение месяца работают различное количество смен, и сравнение эффективности их работы по показателям объемов изготовленной продукции за месяц некорректно.

Для объективной сравнительной оценки эффективности работы операторов станков с ЧПУ в категории *Производительность* (по показателю ОЕЕ) предлагается использовать показатель *Среднемесячное значение объема выпуска продукции за условную смену в нормо-часах* ( $T_{см ср}$ ). Этот показатель определяется по формуле

$$T_{см ср} = \sum T_{шт i} * N_i / 60 * n_{см мес} \text{ (нормо-часов)}, \quad (17)$$

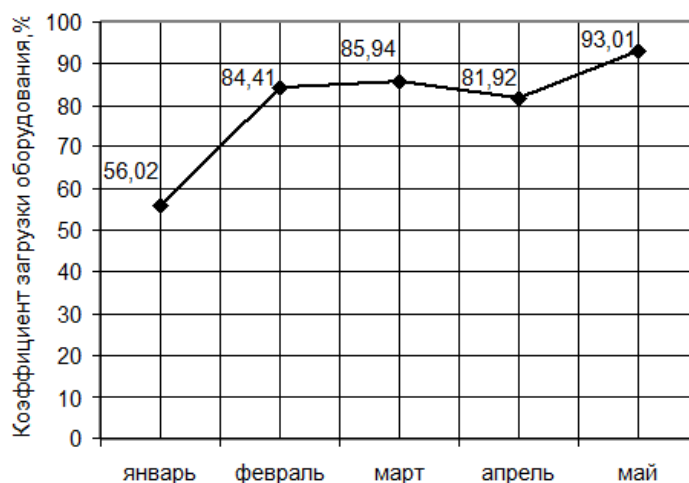


Рис. 3. Помесичный анализ эффективности работы участка станков с ЧПУ по показателю *Коэффициент загрузки оборудования* ( $K_{зо}$ )

где  $T_{штi}$  – время штучное на изготовление  $i$ -й детали, мин;  $N_i$  – количество  $i$ -х деталей, изготовленных за месяц, шт.;  $n_{сммес}$  – количество смен, отработанных в течение месяца.

Пример реализации проведения анализа эффективности работы операторов по указанному выше показателю показан на рис. 4. В январе 2020 г. происходил запуск новых изделий, сменные задания операторам не выдавались и объемы выпуска были крайне низкие. С февраля месяца каждому оператору выдавались сменные задания на основе нормативов, разработанных по описанной выше методике, и эффективность выпуска изделий значительно повысилась, результаты отражает диаграмма на рис. 4.

Для определения показателя *Производительность* (по показателю *OEE*) полученное значение объема выпуска продукции в нормо-часах в пересчете на один станок сопоставляется с фондом времени за одну смену:

$$\text{Производительность} = (T_{смср}/T_{оп} * n) * 100 (\%), \quad (18)$$

где  $T_{оп}$  – время работы оператора за одну смену, ч;  $n$  – количество одновременно обслуживаемых оператором станков, шт.

В соответствии с мировыми стандартами, этот показатель должен приближаться к 95 % [7].

Расчет критерия *Качество* определяется соотношением количества годных изготовленных изделий к общему количеству изделий, выпущенных за этот период:

$$\text{Качество} = (N_{годн}/N_{общ}) * 100 (\%), \quad (19)$$

где  $N_{годн}$  – количество годных изготовленных изделий, шт.;  $N_{общ}$  – общее количество изделий, выпущенных за исследуемый период, шт.

В соответствии с мировыми стандартами, этот показатель должен приближаться к 99 %, что в итоге дает для общего показателя *OEE* значение примерно 85 % [7]. Алгоритм расчета показателей эффективности производства приведен на рис. 5.

Процесс реализации проекта состоит из следующих этапов: фиксирование исходных данных на оборудовании; передача информации на вычислительную платформу; расчет нормативов времени и норм выработки; анализ эффективности по текущим результатам производства.

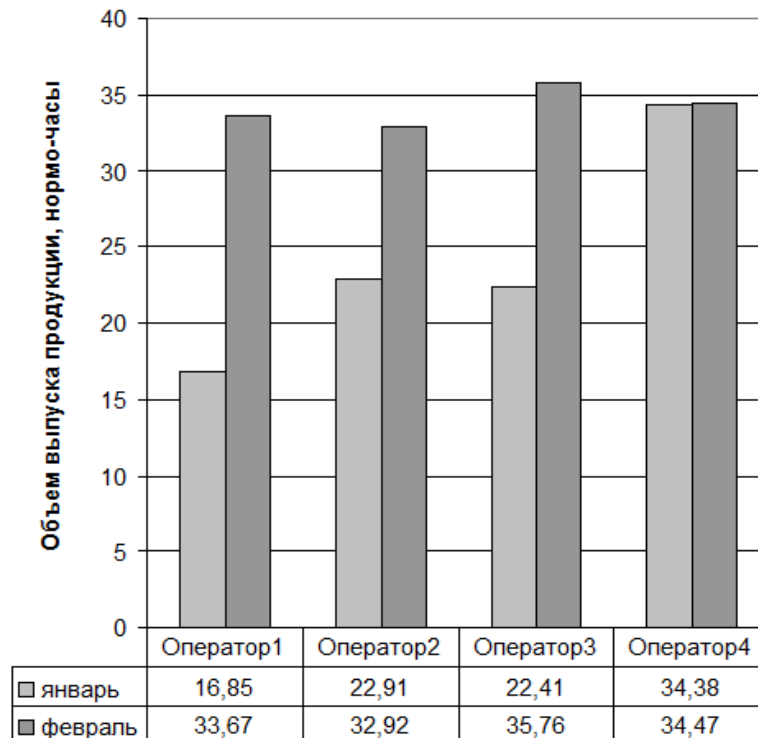


Рис. 4. Диаграмма эффективности работы операторов станков с ЧПУ по показателю *Объем выпуска продукции за условную смену*



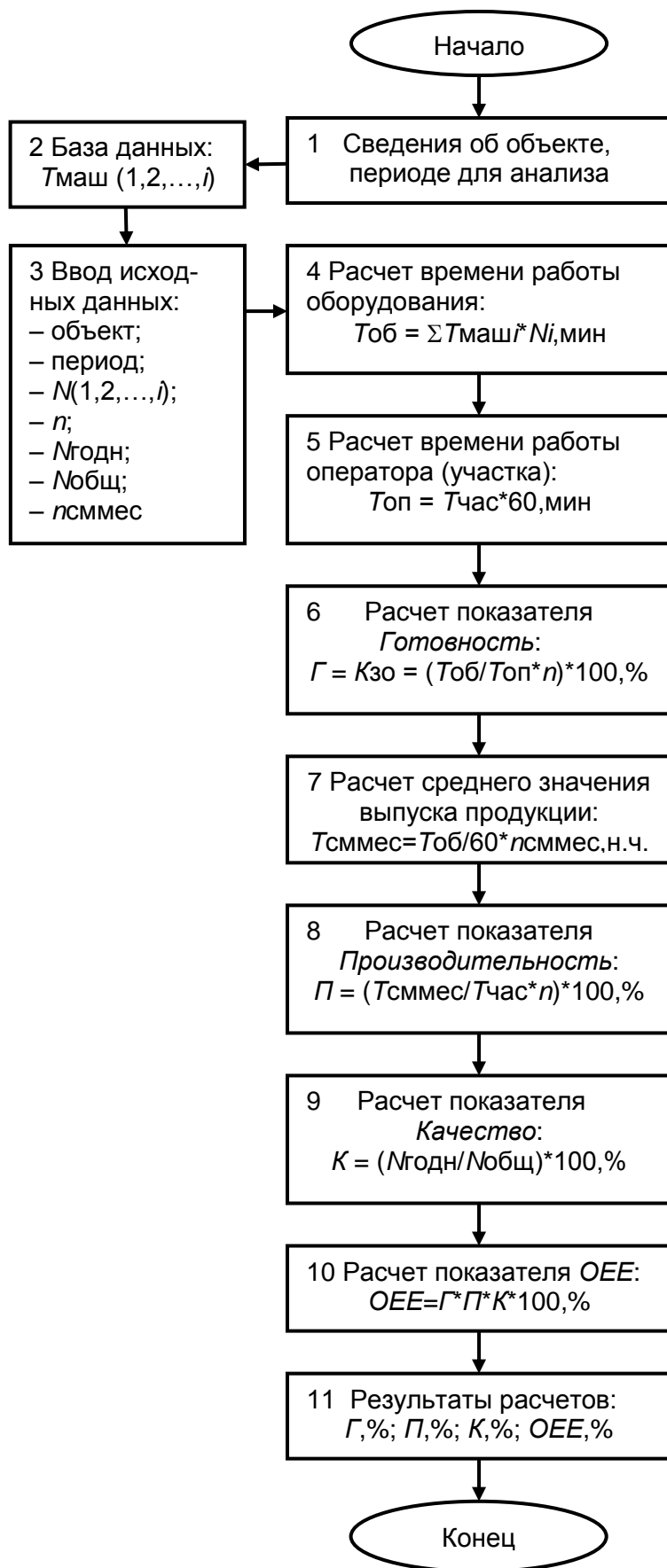


Рис. 5. Алгоритм расчета показателей эффективности производственной деятельности подразделений

При отсутствии на предприятии локальной сети (проводной или виртуальной) передачи информации и единого вычислительного центра исходная информация определяется непосредственным наблюдением на мониторе УЧПУ с занесением информации в специальный журнал. По полученным данным на автоматизированном рабочем месте, оснащённом персональным компьютером, на вычислительной платформе, после ручного ввода информации выполняются необходимые вычисления нормативов для дальнейшего использования в экономических расчетах.

При имеющейся на предприятии локальной сети, но отсутствии технической возможности считывать информацию непосредственно с УЧПУ станка оборудование укомплектовывается терминалами (например, система мониторинга «Диспетчер», производитель «Станкосервис», г. Смоленск), получающими информацию о состоянии станка и передающими сведения на сервер для дальнейшего анализа и расчета [8].

Современные ЧПУ высокого уровня (например, HEIDENHAIN и др.) позволяют передавать информацию о функционировании оборудования напрямую через локальную сеть на сервер для дальнейшего анализа и расчета [9]. Управляющая программа и сменное задание могут передаваться от диспетчера через сервер и локальную сеть прямо на УЧПУ станка. Схема движения информации приведена на рис. 6.

**Выводы.** В результате исследования разработана и апробирована методика автоматизации производства, интеллектуальной поддержки процессов управления и обработки данных, позволяющая оперативно, в автоматическом режиме, выполнять при запуске новых изделий расчеты фактических нормативов времени и норм выработки при механической обработке на станках с ЧПУ. Внедрение проведенных исследований позволяет сократить трудозатраты на привлечение квалифицированного персонала в 10–30 раз и время технологической подготовки производства на 43 %. Уточненный показатель *Коэффициент загрузки оборудования* позволяет выполнять сравнительный анализ эффективности работы участка станков с ЧПУ за учитываемый период времени. Уточненный применительно к оборудованию с ЧПУ показатель *Среднемесячное значение объема выпуска продукции за условную смену в нормо-часах* позволяет выполнять анализ эффективности работы каждого оператора за учитываемый период времени. Опыт практического использования результатов исследования показал, что данный подход способствует повышению эффективности процесса подготовки производства, а также предоставляет информацию для оценки процесса изготовления изделий на станках с ЧПУ и принятия управленческих решений по организации труда в производственном подразделении.

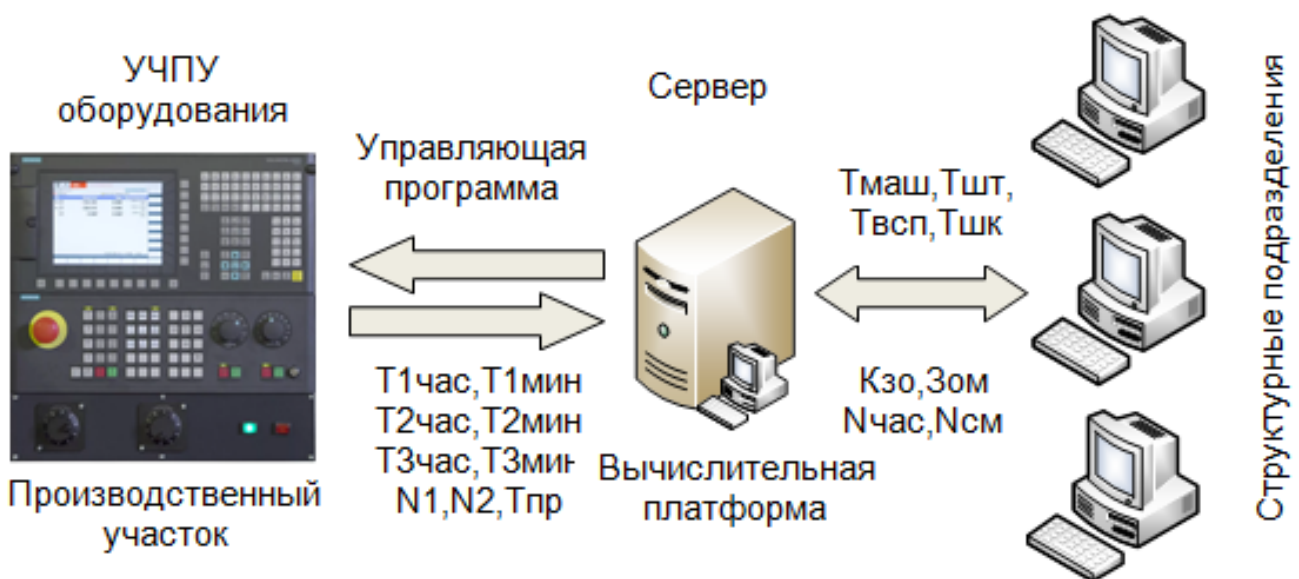


Рис. 6. Логистика движения информации при выполнении расчетов

## Список литературы

1. **Побиянская А.В., Кипервар Е.А.** Влияние цифровизации на качество использования рабочего времени // Экономика труда. – 2019. – Т. 6, № 3. – С. 1169–1178.

2. **Современные** методы определения норм машинного и вспомогательного времени для металлорежущих станков с ЧПУ: справочник / В.Ф. Макаров, В.Р. Туктамышев, С.В. Масленков и др. // Инженерный журнал с приложением. – 2016. – № 2 (227). – С. 42–46.

3. **Севостьянова А.А., Ахвердян И.А., Штанкевич А.П.** Совершенствование методов управления процессами производства // Интеллектуальный потенциал XXI века: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2018. – С. 29–31.

4. **Аверченков А.В., Колошкина И.Е., Шептунов С.А.** Наукоемкая технология обработки заготовок на станках с ЧПУ и программирование в САМ-системе // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2019. – № 4(94). – С. 31–39.

5. **Колошкина И.Е.** Автоматизация разработки технологической документации // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2019. – № 1(173). – С. 56–62.

6. **Ивченко Г.И., Медведев Ю.И.** Математическая статистика. – М.: КД Либроком, 2019. – 352 с.

7. **Итикава А., Такагаки И., Такэбэ Ю.** ТРМ в простом и доступном изложении / пер. с яп. А.Н. Стерляжникова; под науч. ред. В.Е. Растимешина, Т.М. Куприяновой. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. – 128 с.

8. **Система мониторинга «Диспетчер»** – мониторинг работы оборудования, станков с ЧПУ и автоматических линий: [сайт]. URL: <http://www.intechnology.ru> (дата обращения 26.10.2020)

9. **Колошкина И.Е.** Программирование УЧПУ HEIDENHAIN на программной станции с виртуальной клавиатурой // Проблемы современной науки и образования. – 2018. – № 11(131). – С. 34–39.

quality of operational time use]. *Ekonomika truda*, 2019, vol. 6, no. 3, pp. 1169–1178.

2. Makarov, V.F., Tuktamyshev, V.R., Maslenkov, S.V., Kataev, J.A., Glukhov, D.A. Sovremennye metody opredeleniya norm mashinnogo i vspomogatel'nogo vremeni dlya metallorezhushchikh stankov s ChPU [Modern methods of determination of machine time and auxiliary time for CNC cutting machine]. *Inzhenernyy zhurnal s prilozheniem*, 2016, no. 2(227), pp. 42–46.

3. Sevost'yanova, A.A., Akhverdyan, I.A., Shtankevich, A.P. Sovershenstvovanie metodov upravleniya protsessami proizvodstva [Enhancement of manufacturing management methods]. *Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Intellektual'nyy potentsial XXI veka»*. Ufa, 2018, pp. 29–31.

4. Averchenkov, A.V., Koloshkina, I.E., Sheptunov, S.A. Naukoemkaya tekhnologiya obrabotki zagotovok na stankakh s ChPU i programmirovaniye v SAM-sisteme [High-end technology of processing a workpiece on CNC machines and programming in EAM system]. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii*, 2019, no. 4(94), pp. 31–39.

5. Koloshkina, I.E. Avtomatizatsiya razrabotki tekhnologicheskoy dokumentatsii [Automation of development of technical documentation]. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2019, no. 1(173), pp. 56–62.

6. Ivchenko, G.I., Medvedev Yu.I. *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics]. Moscow: KD Librokom, 2019. 352 p.

7. Itikava, A., Takagaki, I., Takebe, Yu. *TRM v prostom i dostupnom izlozhenii* [TPM in layman's language]. Moscow: RIA «Standarty i kachestvo», 2008. 128 p.

8. *Sistema monitoringa «Dispetcher»* – monitoring raboty oborudovaniya, stankov s ChPU i avtomaticheskikh liniy [The “Dispatcher” monitoring system – monitoring of equipment, machines with CNC and automatic line]. Available at: <http://www.intechnology.ru> (data obrashcheniya 26.10.2020)

9. Koloshkina, I.E. Programmirovaniye UChPU HEIDENHAIN na programmnoy stantsii s virtual'noy klaviaturoy [Programming conventional NC HEIDENHAIN at programming station with virtual keyboard]. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 11(131), pp. 34–39.

## References

1. Pobiyanskaya, A.V., Kipervar, E.A. Vliyaniye tsifrovizatsii na kachestvo ispol'zovaniya rabocheho vremeni [Impact of digitalization on