

МЕХАНИЗМ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА

Для компаний, осуществляющих производство продукции, возникает высокая неопределенность в выборе технологического оборудования. Производственные мощности предприятия могут состоять как из собственного технологического оборудования, так и из оборудования, принятого по лизингу. Кроме того, можно использовать для производства продукции договоры субподряда. Критериями при выборе технологического оборудования могут быть: характеристики выпускаемой продукции и ожидаемая надбавка к производственной себестоимости. Разработка и дальнейшее использование механизма выбора технологического оборудования для единичного типа производства может повысить эффективность производственных процессов.

Ключевые слова: производственные мощности, единичное производство, издержки, производственная себестоимость, планирование производства, организация производства.

Введение. При планировании запуска продукта в производство возникает неопределенность в выборе структуры парка производственного оборудования. Структура парка производственного определяется требованиями к необходимым технологическим операциям и объемом выпуска продукции. Требования к технологическим операциям закладываются на основании тактико-технических характеристик (ТТХ) производимой продукции. В результате исследований различий между оборудованием для массового и единичного производства должен быть разработан механизм подбора состава оборудования, необходимый для производства конкретной продукции. Разработанный механизм должен стать основой методики, позволяющей выбрать состав производственного оборудования для производства с заданным объемом и определенными ТТХ производимой продукции и рассчитать производственную программу по выпуску продукции.

Возможность выполнять различные операции связана с универсальностью оборудования. Чем оборудование более универсальное, тем больше перечень выполняемых на нем технологических операций и тем выше номенклатура производимых на оборудовании деталей. Однако большая номенклатура производимых на оборудовании деталей в единичном производстве негативно влияет на скорость и объем производства про-

дукции. Время переоснастки (переналадки) оборудования при производстве широкой номенклатуры изделий влияет на объем производства одного изделия в заданном периоде.

Постановка задачи. При заданном объеме (в натуральном выражении), номенклатуре и ТТХ планируемой к выпуску продукции за период необходимо разработать механизм выбора производственного оборудования, при использовании которого обеспечивается выполнение заданного объема и заданных ТТХ планируемой к выпуску продукции. На основании этого разработать методику выбора производственного оборудования для обеспечения минимальной производственной себестоимости заданного объема планируемой к выпуску продукции за период.

Определения, используемые в анализе типов оборудования. В статье будут использованы следующие термины и определения.

Тип производства — комплексная характеристика технических, организационных и экономических особенностей машиностроительного производства, обусловленная его специализацией, типом и постоянством номенклатуры изделий, а также формой движения изделий по рабочим местам [1].

Единичное производство — производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ре-

монт которых, как правило, не предусматривается [2].

Серийное производство — производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями [2].

Массовое производство — форма организации производства, характеризующаяся большим объемом выпуска единиц изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция [2].

В массовом и серийном производстве время простоя оборудования, связанное с переоснасткой (переналадкой), должно быть минимальным. Как следствие, требование к высокой универсальности оборудования отсутствует [2].

Технологическая операция — это часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте, над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми или собираемыми изделиями, одним или несколькими рабочими [3].

Проход технологический — часть операции или перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением её формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки [4].

Переход — законченная часть технологической операции ТО, включающая действия человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением формы и свойств изделия, но которые необходимы для выполнения технологического перехода (закрепление заготовки, смена оснастки).

Оснастка технологическая — совокупность средств труда, предназначенных для установки заготовок на станках (станочное приспособление), закрепления режущих инструментов (вспомогательное приспособление), транспортировки обработанных деталей и выполнения сборочных операций (сборочное приспособление), а также для выполнения контрольных операций (контрольно-измерительное приспособление).

Инструмент — предмет, устройство, используемые для целевого воздействия на объект в целях измерения для достижения полезного эффекта. Сложный инструмент включает в себя идею нескольких элементарных.

На практике чаще всего используют количественный показатель для определения типа производства — коэффициент закрепления операций за рабочим местом за период.

При закреплении за рабочим местом одной технологической операции рабочее место определяют как рабочее место массового производства.

При закреплении за рабочим местом нескольких (более двух) повторяющихся через известное время технологических операций рабочее место определяют как рабочее место серийного производства.

При закреплении за рабочим местом нескольких (более двух), не повторяющихся или повторяющихся через неизвестное время технологи-

ческих операций, рабочее место определяют как рабочее место единичного производства.

Если в подразделении (цех или участок) преобладают рабочие места соответственно массового, серийного или единичного производства, то в подразделениях реализуется соответственно массовый, серийный или единичный тип производства.

Сравнение типов производства. Сравнение основных характеристик типов производства представлено в табл. 1.

Повторяемость выпуска — внешний (относительно ТТХ технологического оборудования) фактор, влияющий на закрепление изделий различной номенклатуры за рабочим местом. Повторяемость выпуска влияет [5] на время переналадки оборудования и, как следствие, влияет на возможность произвести заданный объем предметов труда за период. Как видно из табл. 1, основные характеристики типов производства преимущественно относятся к качественным характеристикам (за исключением коэффициента закрепления операций за рабочим местом).

Характеристики оборудования определяются как универсальное оборудование — специальное оборудование без выделения количественных показателей такой характеристики, как универсальность/специальность. Однако «универсальность оборудования» прямо пропорциональна количеству возможных технологических переходов, которые можно выполнять на оборудовании с учетом переналадок, и определяется количеством операций, возможных для закрепления за одним рабочим местом.

Тип станков (фрезерные, токарные, шлифовальные, расточные) определяется движением инструмента и заготовки, а также видом физического воздействия инструмента на заготовку [6]. Объем производства не определяет тип станка.

Выбор технологического оборудования осуществляется по следующим характеристикам:

— количество максимальных оборотов. Определяет скорость обработки и диапазон чистоты получаемых поверхностей, выполняемых при проходе инструмента;

— тип станков. Чем выше функционал станков по типам обработки проходов, тем выше коэффициент закрепления номенклатуры за станком;

— точность станка. Определяет диапазон допусков, получаемых при проходе инструмента, и определяет количество номенклатур, закрепленных за одним станком.

Количество управляемых координат снижает количество переналадок при изготовлении одной единицы номенклатуры.

Спецификация оборудования (на примере фрезерного станка) приведена в табл. 2.

Можно выделить следующие характеристики, соответствующие универсальному/специальному технологическому оборудованию:

1. Универсальное оборудование, применяемое для выполнения различных операций на заготовках широкой номенклатуры.

Характеристики:

— размеры рабочей зоны — подбирается максимально возможный габарит рабочей зоны для

Сравнение основных характеристик типов производства

Фактор	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура	Неограниченная	Ограничена сериями	Одно или несколько изделий
Повторяемость выпуска	Не повторяется	Периодически повторяется	Постоянно повторяется
Применяемое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично специальное	В основном специальное
Расположение оборудования	Групповое	Групповое и цепное	Цепное
Разработка технологического процесса	Укрупненный метод (на изделие, на узел)	Поддетальная	Поддетально-пооперационная
Применяемый инструмент	Универсальный, в значительной степени специальный	Универсальный и специальный	Преимущественно специальный
Закрепление деталей и операций за станками	Специально не закреплены	Определенные детали и операции закреплены за станками	На каждом станке выполняется одна и та же операция над одной деталью
Квалификация рабочих	Высокая	Средняя	В основном невысокая, но имеются рабочие высокой квалификации (наладчики, инструментальщики)
Взаимозаменяемость	Пригонка	Неполная	Полная
Себестоимость единицы изделия	Высокая	Средняя	Низкая

Таблица 2

Спецификация оборудования

Наименование	Тип	Размеры рабочей зоны	Максимальные обороты; мощность	Заготовка: максимальные размеры; масса	Количество упр. координат	Паспортная точность,
DMU50 evoline	Фрезерный с ЧПУ	X — 500 мм Y — 450 мм Z — 400 мм	18000 об/мин 35 кВт	Ø 500 мм L 380 мм 200 кг	5	0,01 мм

производства как можно большей номенклатуры деталей;

- количество максимальных оборотов — станки с высоким количеством оборотов позволяют выполнять шлифовальные, полировальные, доводочные операции, что позволяет выполнять большее количество операций на одном месте;

- количество управляемых координат;

- паспортная точность — подбирается максимально возможная точность станка для производства как можно большей номенклатуры деталей;

2. Специализированное оборудование, на котором обрабатываются однотипные заготовки,

сходные по конфигурации, но имеющие различные размеры:

- размеры рабочей зоны ограничены разбросом габаритов изготавливаемых номенклатур, закрепленных за рабочим местом;

- количество максимальных оборотов ограничено чистотой обрабатываемых поверхностей и режимами обработки, необходимыми для изготовления деталей, закрепленных на рабочем месте;

- количество управляемых координат определяется номенклатурами, закрепленными за рабочим местом;

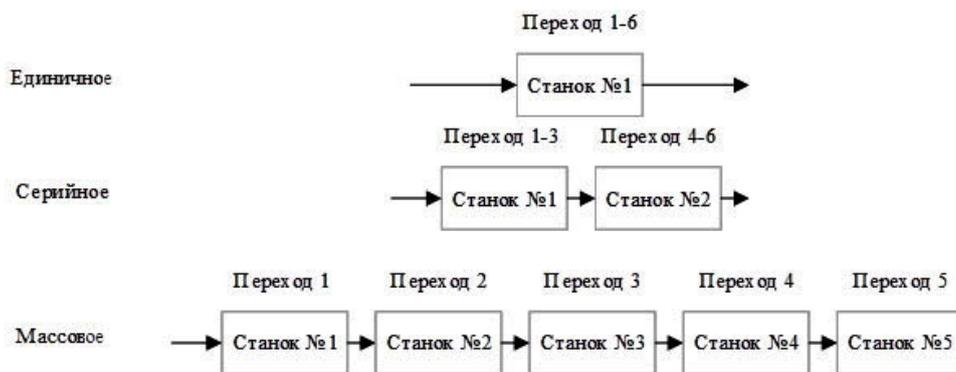


Рис. 1. Закрепление переходов за оборудованием в зависимости от типа производства

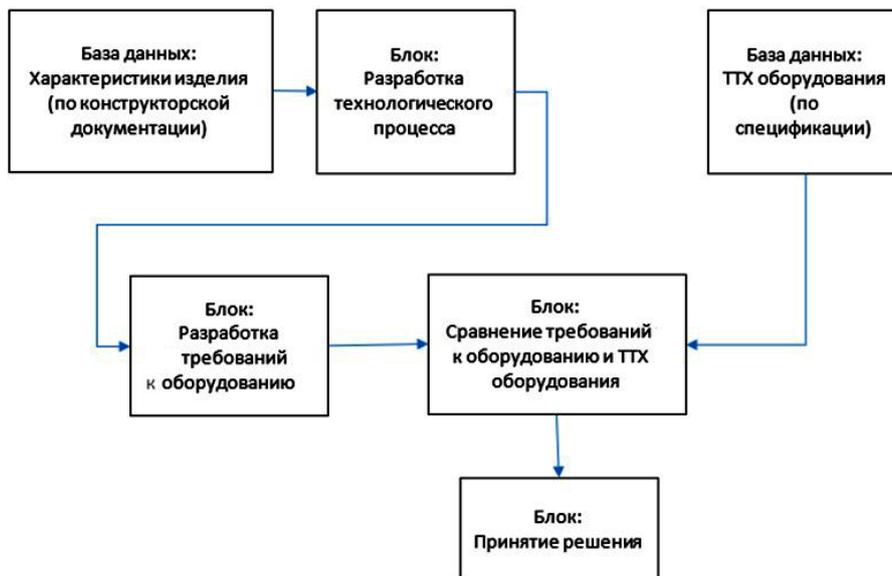


Рис. 2. Механизм выбора технологического оборудования

— паспортная точность — ограничена допусками, необходимыми для изготовления деталей, закрепленных на рабочем месте.

3. Специальное оборудование, применяемое для обработки заготовок одного типоразмера:

- размер рабочей зоны выбирается для обработки заготовок одного типоразмера;
- количество оборотов фиксировано;
- количество управляемых координат фиксировано;
- паспортная точность фиксирована.

Предлагается определять характеристику «универсальность оборудования» в количественном выражении по количеству переходов, выполняемых на одном оборудовании при изготовлении изделия определенной номенклатуры [7] (рис. 1).

Если на технологическом оборудовании возможно выполнение только одного технологического перехода, то такое оборудование нужно отнести к специальному.

Если на технологическом оборудовании возможно выполнение 2-х и более технологических переходов, то такое оборудование нужно отнести к универсальному. При этом количество возможных технологических переходов определяет степень универсальности [8].

Механизм выбора технологического оборудования для заданной номенклатуры изделий (рис. 2) можно описать следующим образом.

Задано:

- техническая характеристика изделий n -ой номенклатуры (определяемая конструкторской документацией);
- ТТХ оборудования (по спецификации оборудования).

Процесс функционирования механизма выбора технологического оборудования:

1. По технической характеристике изделий n -ой номенклатуры определяются необходимые технологические переходы (учитывающие методы воздействия инструмента на изделие, размеры, точность и пространственное расположение обрабатываемых поверхностей) и разрабатывается технология изготовления изделия (технологический процесс).

2. При сравнении требований, определенных в технологии изготовления изделия и ТТХ оборудования, ТТХ оборудования должны соответствовать или превышать требования по изготовлению изделий. Если ТТХ оборудования превышает требования по изготовлению изделий, то такая ситуация не является причиной отказа от выбора оборудования.

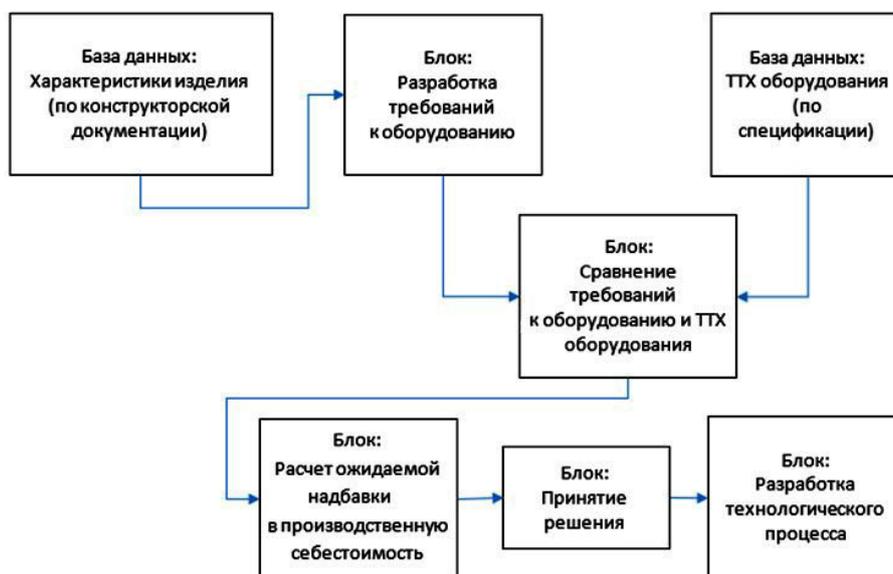


Рис. 3. Предлагаемый механизм выбора технологического оборудования

Выбор оборудования по методике технико-экономического планирования [7] проводится после расчета производственной программы, но до расчета производственной себестоимости.

При функционировании механизма выбора технологического оборудования не учитываются показатели эффективности производственного процесса (производственная себестоимость или продолжительность производственного цикла).

Технико-экономическое обоснование выбора технологического оборудования проводится после разработки технологического процесса. Обоснование выбора технологического оборудования проводится на основе уже имеющегося технологического процесса, т.е. при первоначально заданном технологическом оборудовании [9].

Предлагается изменить механизм выбора технологического оборудования, добавив в него блок расчета ожидаемой надбавки в производственную себестоимость (надбавка, возникающая по причине амортизации и эксплуатации технологического оборудования) [10].

Блок расчета ожидаемой надбавки в производственную себестоимость необходимо располагать до блока разработки технологического процесса (рис. 3).

Ожидаемая надбавка в производственную себестоимость рассчитывается, как:

$$S = Z_{\text{эн}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{пл}} + Z_{\text{пер}},$$

где $Z_{\text{эн}}$ — затраты на технологическую энергию при работе технологического оборудования;

$Z_{\text{ам}}$ — затраты на амортизацию;

$Z_{\text{зп}}$ — затраты на заработную плату оператору технологического оборудования;

$Z_{\text{пл}}$ — затраты, связанные с арендой площадей под технологическое оборудование;

$Z_{\text{пер}}$ — затраты на переналадку.

$$Z_{\text{эн}} = t \cdot P \cdot \Pi_{\text{еДЭЭ}},$$

где P — расход энергоносителя в единицу времени;

$\Pi_{\text{еДЭЭ}}$ — цена единицы энергоносителя.

$$Z_{\text{ам}} = Z_{\text{раб}} + Z_{\text{пер}} + Z_{\text{прост}},$$

где $Z_{\text{раб}} = t \cdot A / T_{\text{год}};$

$Z_{\text{пер}} = t_{\text{пер}} \cdot A / T_{\text{год}};$

$Z_{\text{прост}} = t_{\text{прост}} \cdot A / T_{\text{год}};$

A — годовая норма амортизации;

$T_{\text{год}}$ — годовой фонд времени работы оборудования.

$$Z_{\text{зп}} = t \cdot L / 60,$$

где L — часовая тарифная ставка оператора технологического оборудования.

$$Z_{\text{пл}} = \text{Пл} \cdot Z_{\text{арп}},$$

где Пл — площадь, занимаемая рабочим местом, отведенным под единицу производственного оборудования;

$Z_{\text{арп}}$ — арендная плата за единицу площади.

$$Z_{\text{пер}} = \sum t_{\text{пер}} \cdot L_{\text{нал}},$$

где $t_{\text{пер}}$ — время переналадки с одного технологического перехода на другой;

$L_{\text{нал}}$ — часовая тарифная ставка наладчика технологического оборудования (или оператора, если наладка осуществляется самим оператором технологического оборудования).

Заключение. Предложено количественное измерение степени универсальности технологического оборудования по числу возможных к выполнению технологических переходов.

Предложено изменить механизм выбора технологического оборудования. В существующий механизм выбора технологического оборудования необходимо добавить блок расчета

ожидаемой надбавки в производственную себестоимость (надбавка, возникающая по причине амортизации и эксплуатации технологического оборудования). Блок расчета ожидаемой надбавки в производственную себестоимость необходимо располагать до блока разработки технологического процесса.

Ожидаемая надбавка в производственную себестоимость должна учитывать следующие затраты:

- затраты на технологическую энергию при работе технологического оборудования;
- затраты на амортизацию;
- затраты на заработную плату оператору технологического оборудования;
- затраты, связанные с арендой площадей под технологическое оборудование;
- затраты на переналадку.

Библиографический список

1. ГОСТ 14.004-83 (СТ СЭВ 2521-80). Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. Введ. 1983–01–07. Москва: Стандартинформ, 2009. 10 с.
2. ГОСТ Р 57317-2016. Системы промышленной автоматизации и интеграция. Термины и определения. Введ. 2017–01–06. Москва: Стандартинформ, 2017. 46 с.
3. Fortin C., Huet G. Manufacturing Process Management: iterative synchronisation of engineering data with manufacturing realities // *International Journal of Product Development*. 2007. Vol. 4 (3-4). P. 280–295. DOI: 10.1504/IJPD.2007.012496.
4. Рябов А. Н. Влияние типа многономенклатурного машиностроительного производства на величину непродуктивных потерь времени в технологических и производственных процессах изготовления // *Известия МГТУ «МАМИ»*. 2014. Т. 8, № 1-2. С. 109–113.
5. Koch J., Gritsch A., Reinhart G. Process design for the management of changes in manufacturing: Toward a Manufacturing Change Management process // *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2016. Vol. 14. P. 10–19. DOI: 10.1016/j.cirpj.2016.04.010.
6. Мазурин Э. Б., Одинцов А. А., Поникаров В. А. Экономика, организация и управление предприятием. Москва: Academia, 2015. 256 с. ISBN 978-5-4468-1570-8.
7. Гонтаренко Е. В. К вопросу о сущности стратегического планирования промышленных предприятий в России и за рубежом // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2008. № 8 (90). С. 74–80.
8. Мизюн В. А. Интеллектуальные методы управления предприятием: моногр. Санкт-Петербург: Изд-во Академии управления и экономики, 2008. 287 с. ISBN 978-5-94047-128-8.
9. Удовкин А. В. Повышение результативности производственных процессов на основе изменения показателей синхронизации // *Экономинфо*. 2009. № 11. С. 9–12.
10. Чейз Р. Б., Эквилайн Н. Дж., Якобс Р. Ф. Производственный и оперативный менеджмент: моногр. / пер. с англ. О. А. Островской. Москва: Вильямс, 2007. 704 с. ISBN 978-5-8459-1220-6.

МАЗУРИН Эдуард Борисович, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Экономика и организация производства» Московского государственного технического университета (МГТУ) имени Н. Э. Баумана, г. Москва.

SPIN-код: 9151-6450

AuthorID (РИНЦ): 373731

AuthorID (SCOPUS): 57222159238

Адрес для переписки: Edem677@mail.ru

САВЕНКО Евгений Викторович, аспирант кафедры «Экономика и организация производства» МГТУ имени Н. Э. Баумана, г. Москва.

Адрес для переписки: savenkovich@gmail.com

Для цитирования

Мазурин Э. Б., Савенко Е. В. Механизм выбора оборудования для различных типов производства // *Омский научный вестник*. 2022. № 1 (181). С. 19–24. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-181-19-24.

Статья поступила в редакцию 17.12.2021 г.

© Э. Б. Мазурин, Е. В. Савенко