

Группирование деталей тел вращения типа диск и ему подобных при планировании их изготовления с целью увеличения серийности производства

С. В. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

А. А. Роговик, аспирант, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

В статье описан один из способов повышения эффективности производства деталей тел вращения типа диск и ему подобных. Задачи повышения эффективности производства являются основными для специалистов машиностроительной отрасли. Особенно значимый эффект данный способ может оказать на единичное и мелкосерийное производство. Описанный метод представляет разработку новой группировки деталей, которая позволяет получать несколько положительных эффектов: увеличение размера серии за счет группирования деталей по схожим конструктивным и технологическим признакам; получение информации о применении того или иного оборудования; возможность использования разработанного классификатора совместно с моделью нейронной сети. В ходе работы проведен анализ и переработка имеющихся классификаторов, выбраны два базовых документа, из которых взяты основные характеристики группировки, необходимые для увеличения серийности, но не нарушающие баланс между слишком малым и слишком большим числом групп. Далее к полученной группировке были добавлены показатели возможности применения универсальных токарных станков, токарно-фрезерных обрабатывающих центров с ЧПУ или специализированного оборудования. Кроме того, были проведены исследования возможности применения данной группировки совместно с моделью нейронной сети. В итоге была получена группировка, отвечающая современным условиям производства, пригодная для увеличения эффективности мелкосерийного и единичного производства и успешного обучения нейронной сети.

Ключевые слова: группирование деталей, планирование производства, детали тел вращения, детали типа диск, увеличение серийности производства, нейронные сети.

Введение

Скаждым годом номенклатура изделий машиностроительных предприятий неуклонно растет, при этом размеры партий не доходят до показателей даже мелкосерийного производства, не говоря о серийном и массовом. Этот фактор заставляет специалистов в области машиностроения задуматься над разработкой приемов, позволяющих увеличить серийность, так как чем больше серия, тем больше эффективность производства. Одними из таких приемов является группирование и типизация изготавливаемых деталей в мелкосерийном и единичном производстве.

В целом можно сказать, что тенденция к унификации, типизации и группированию отчетливо просматривается на данном этапе развития машиностроительного производства, и это подчеркивают многие авторы [1–3]. Этую тенденцию можно объяснить тем, что до сих пор существует множество единичных и мелкосерийных производств с большой номенклату-

рой, которую необходимо упорядочивать для повышения их эффективности.

Эффективность применения данной технологии сопряжена с двумя факторами.

1. Группировка не должна состоять из слишком малого числа групп, поскольку это не позволит применить групповые технологические процессы, типовые блоки ЧПУ, разработать типовую технологическую оснастку, специализация производства будет иметь минимальный прирост. С другой стороны, группировка не должна быть слишком большой, потому что при этом в производство будет запускаться большее количество партий меньшего размера, следовательно, число деталей в серии уменьшится, кроме того, может увеличиться количество оснастки и типовых технологий.

2. Группирование можно разбить на два основных этапа. Первый этап – анализ деталей, которые производятся на предприятии или которые планируется произвести. Затем детали, имеющие схожие признаки или элементы в кон-

структур, объединяются в группы. Чем больше деталей в группе, тем лучше, так как группа в дальнейшем становится серией. Второй этап – совместное выполнение операций, в нашем случае преимущественно токарных и токарно-фрезерных, универсальных и на станках с ЧПУ или части операций для всей группы, а не отдельно для каждой детали или малых серий.

Стоит отметить, что вопросами группирования ученые в области машиностроения занимались еще в прошлом веке. Многие исследователи в этой области отмечают работы С. П. Митрофанова как базовые для дальнейшей проработки под современные реалии [4, 5].

На повышение эффективности производства оказывают влияние несколько важных факторов.

Повышение специализации производства, которое достигается за счет увеличения однотипности операций. Это повышает качество работ, эффективность труда и позволяет снизить процент бракованных деталей. Польза специализации для производства подтверждена во многих статьях и работах [6, 7]. Конечно, человеку легче выполнять однотипную работу, и при переключении на выполнение другого задания от него требуется большая концентрация в момент получения и обдумывания задания. В идеальном случае при достаточном количестве деталей и наличии нескольких станков можно на одном рабочем месте изготавливать определенные группы деталей.

Появление возможности использования групповых технологий, что приводит к снижению потребности их в большом количестве и существенному снижению затрат на подготовку производства. Положительный эффект от применения групповых технологий также был описан и доказан во многих работах, в том числе выпущенных в ближайшие годы, исходя из чего можно сделать вывод, что их применение не теряет своей актуальности [8, 9].

С увеличением серии *становится более рентабельным использование станков с ЧПУ* на мелкосерийном производстве. Кроме того, наблюдается *существенное увеличение производительности* за счет снижения времени на пуско-наладочные работы. С другой стороны, появляется потребность в изготовлении специальной технологической оснастки – фактор, который также отмечен многими авторами как положительно влияющий на производительность [10, 11]. Как положительный момент стоит отметить использование коэффициентов штучного времени [12].

Таким образом, группирование – это способ, который повышает эффективность единичного и мелкосерийного типа производства, значит, он должен быть принят во внимание специалистами, работающими на производстве.

Хотелось бы отметить, что детали типа тел вращения являются актуальными для рассмотрения, так как новые технологии могут способствовать существенному повышению эффективности их изготовления [13].

Современный мир уже невозможно представить без нейронных сетей. Ранее была отмечена возможность использования их для группировки каких-либо объектов, и намечены перспективы их использования для группирования различных деталей [14–16], в частности деталей типа диск. Стоит отметить, что нейронные сети доказали свои преимущества при организации производства и повсеместно используются для различных задач [17].

Применения данного современного инструмента для группирования деталей может привести к большим положительным изменениям:

- существенно сократятся трудозатраты инженеров, так как появляется перспектива полного перехода группирования на автоматизированный режим;
- более высокая скорость обработки информации, которая позволит производить группировку деталей за несколько минут, когда при использовании труда человека это занимало несколько часов;

- повышение качества группирования и сокращение числа ошибок при его выполнении, которые являются следствием человеческой невнимательности.

Цель данной статьи – создание такой группировки, которая позволила бы добиться максимального увеличения серийности производства деталей типа диск, несла в себе информацию для специалистов по планированию производства и возможности применения того или иного оборудования и инструмента, а также имела характеристики, необходимые для считывания нейронной сетью с чертежа детали.

Выбор базы для разработки новой группировки

На начальном этапе исследования были проанализированы работы, которые так или иначе связаны с классификацией деталей, их группировкой, доказывающие преимущества такого подхода при планировании, например, [18, 19]. При разработке новой группировки – тел вращения типа диск – за базу для модернизации было принято два следующих документа:

- ОК 021-95 «Общероссийский технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения»;
- ОК 012-93 «Классификатор ЕСКД. Класс 71».

Причина модернизации первого документа – слишком большое количество разбиений на группы и подгруппы. В условиях современного производства на станках с ЧПУ это несущественно при производстве фланцев, колец и др. Как было сказано ранее, большое число групп имеет отрицательный эффект при планировании: сбор большой группы весьма затруднен, а также это приводит к увеличению числа технологий и технологической оснастки.

По данному классификатору детали типа тел вращения относятся к группе деталей, обрабатываемых резанием, которые можно группировать по таким пунктам, как квалитет, шероховатость, вид дополнительной обработки, вид исходной заготовки, степень точности, характеристика массы и отклонения формы и расположения.

Второй документ также имеет слишком большое число групп, подгрупп и видов (10 групп, 112 подгрупп и более 670 видов). Кроме того, он основан на разбиении по видам поверхностей и их сопряжений и не учитывает технологические особенности. Крайне проблематично будет собрать данные для обучения нейронной сети, так как необходимо найти не менее 1000 примеров каждого вида. Таким образом, данный классификатор не подходит для планирования производства, например, фланцев, однако по этому классификатору четко определена группа деталей, рассматриваемая в данной статье: детали тел вращения типа диск относятся к группе деталей с длиной до 0,5 диаметра, имеющие распространенную модульную поверхность.

Этапы разработки группировки деталей типа диск

ОК 021-95 «Общероссийский технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения»

Для деталей – тел вращения типа диск пункт *вид исходной заготовки* можно опустить, поскольку в качестве заготовок в основном выступают прокат, штампованные поковки, кованые поковки и отливки, которые легко закрепляются в токарные патроны и цанги и не требуют специальной оснастки для закрепления. Однако для планирования тут важен другой момент, от которого зависит выбор габаритов оборудования и патронов, – диаметр заготовки.

Квалитет имеет 6 групп. Их можно сократить до трех в зависимости от оборудования, на котором можно достичь заданной чертежом точности:

- квалитет до IT9 включительно;
- квалитет до IT6 включительно;
- квалитет точнее IT6.

Разбиение можно объяснить следующим образом. Детали первой группы можно обрабатывать на универсальных токарных станках, второй группы – на токарных станках с ЧПУ и токарно-фрезерных обрабатывающих центрах (ОЦ), для деталей третьей группы такую точность практически нельзя получить токарной обработкой – необходимо применение другого типа оборудования.

Параметр шероховатости или отклонения формы и расположения поверхностей имеет 6 групп; его также необходимо переработать в зависимости от оборудования.

- шероховатость не лучше Ra3.2 – детали из данной группы можно обрабатывать на универсальных токарных станках;
- шероховатость не лучше Ra0.8 – детали из данной группы можно обрабатывать на токарных станках с ЧПУ и токарно-фрезерных ОЦ;
- шероховатость лучше Ra0.8 – для получения такого параметра шероховатости необходимо применение другого типа оборудования, например шлифовального.

Пункт по *отклонению формы и расположению поверхностей* детали можно пропустить, так как достаточно квалитета, чтобы определить точность применяемого оборудования.

Пункт *степени точности* также можно пропустить, так как он перекрывается квалитетом при подборе точности применяемого оборудования.

Главный параметр, который имеет значение в данном случае, – твердость поверхности, получаемая после термообработки, поэтому по *виду дополнительной обработки* выделим три пункта:

- без термообработки, повышающей твердость поверхности, обработку можно вести практически любым имеющимся металлорежущим инструментом;
- с термообработкой, HRC от 38 до 52, обработку можно вести только инструментом из твердого сплава;
- с термообработкой, HRC больше 52, окончательную обработку необходимо выполнять шлифовкой.

Пункт *характеристики массы* важен тем, что от него зависят габариты применяемого оборудования. Кроме того, важна квалификация

рабочего, так как для работы с тяжелыми грузами необходима специальная подготовка.

Перед группированием необходимо ознакомиться с нормами разового подъема и перемещения груза, которые действуют на территории России. Согласно этим нормам мужчинам старше 18 лет разрешается поднимать груз массой до 50 кг и переносить на расстояние до 25 м. Но если рабочему придется устанавливать заготовки весом 49 кг каждые несколько минут, это может привести к накоплению усталости и возможной травме. Поэтому будем иметь в виду группу деталей до 20 кг, не требующих специальных средств подъема, и от 20 до 50 кг, когда рекомендуется применение средств, облегчающих работу. В итоге имеем группировку деталей по массе следующего вида:

- масса до 20 кг – можно устанавливать без специальных средств;
- масса от 20 до 50 кг – можно устанавливать без специальных средств, но необходимо, чтобы они были в пределах рабочей зоны станка;
- масса от 50 – необходимы специальные средства подъема.

ОК 012–93 «Классификатор ЕСКД.

Класс 71»

Как было сказано выше, документ включает более 670 видов групп. Из них необходимо

взять только те, которые оказывают ключевое значение в подборе оборудования. В итоге имеем восемь пунктов: наружная резьба; внутренняя резьба в отверстии или отверстие по оси детали; канавка по диаметру; канавка по торцу; эксцентриковая ступень или отверстие; внутренняя резьба или отверстие не по оси детали; зубчатая или шлицевая часть; модульные поверхности, требующие фрезерования, – лыски, карманы, пазы и др. Первые пять возможно выполнить на универсальном оборудовании, три последние – только на оборудовании с ЧПУ.

Материал детали – этот пункт необходимо добавить, так как он имеет одно из ключевых значений при подборе металлорежущего инструмента и стратегий обработки. Классификацию по материалу будем вести по наиболее распространенному варианту в каталогах производителей металлорежущего инструмента: конструкционная сталь; низколегированная сталь; легированная сталь; нержавеющая сталь; чугуны; алюминиевые сплавы; медные сплавы; неметаллические сплавы; жаропрочные сплавы; титановые сплавы.

Итоговый список групп

В таблице показаны все полученные в итоге группы. Группы расставлены в том порядке, в котором необходимо вести группировку.

Уровни группировки

Grouping levels

Характеристика	Название группы	Влияние на применяемое оборудование
Характеристика массы	Масса до 20 кг Масса от 20 до 50 кг Масса более 50 кг	–
Квалитет	Квалитет до IT9 включительно	Токарное универсальное / токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ
	Квалитет до IT6 включительно	Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ
	Квалитет точнее IT6	Шлифовальное
Шероховатость	Шероховатость не лучше Ra3,2	Токарное универсальное / токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ
	Шероховатость не лучше Ra 0,8	Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ
	Шероховатость лучше Ra 0,8	Шлифовальное
Диаметр заготовки	Предлагается группировать в зависимости от характеристик конкретного оборудования в условиях конкретного производства	–
Применяемый материал	Конструкционная сталь	–
	Нержавеющая сталь	–
	Низколегированная сталь	–
	Легированная сталь	–
	Медные сплавы	–
	Чугуны	–
	Алюминиевые сплавы	–
	Титановые сплавы	–

Окончание табл.

Характеристика	Название группы	Влияние на применяемое оборудование
	Неметаллические сплавы	—
	Жаропрочные сплавы	—
Вид дополнительной обработки	Без термообработки повышающей твердость поверхности	—
	С термообработкой, HRC от 38 до 52	—
	С термообработкой, HRC больше 52	—
Классификация по модулю поверхностей <i>Примечание:</i> одна деталь может состоять сразу в нескольких группах	Внутренняя резьба в отверстии или отверстие по оси детали	Токарное универсальное / токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ
	Эксцентриковая ступень или отверстие	
	Внутренняя резьба	
	Канавка по торцу	
	Канавка по диаметру	Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ
	Наружная резьба или отверстие не по оси детали	
	Модульные поверхности, требующие фрезерования: лыски, карманы, пазы и др.	
	Зубчатая или шлицевая часть	Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ / специализированное оборудование

Для лучшего понимания сути работы приведем пример. Планируется производство нескольких видов фланцев различного диаметра с диапазоном 100 мм, из различных материалов, различными конструктивными особенностями и массой одного диапазона.

1. Производится группировка по квалитету и шероховатости для определения оборудования, на котором можно выполнить обработку, – на универсальном или с ЧПУ. Если на производстве установлено только оборудование с ЧПУ, таким образом можно существенно повысить специализацию, так как рабочему меньше придется переключаться с точных на неточные детали.

2. Смотрим диаметр: зная, что ход кулачков на ОЦ с ЧПУ 15 мм, объединяя заготовки в группы с шагом 15 мм. Это целесообразно, так как замена кулачков для обработки следующего диаметра обычно занимает 10...15 мин.

3. Далее разбиваем на группы по материалу фланцев, так как различные материалы деталей требуют применения различных инструментальных сплавов, что позволяет раскрыть все возможности современного металлорежущего инструмента. Наряду с этим перезарядка инструментального магазина и привязка инструментов занимает большое количество времени.

4. Определяем термообработку – это также оказывает влияние на выбор инструмента.

5. Группируем по модульным поверхностям. На этом этапе происходит проверка группировки по оборудованию – возможность сделать де-

таль на универсальном станке. Сгруппировав по модульным поверхностям, можно добиться наибольшей похожести выполнения операций для деталей группы. Группировку по модульным поверхностям возможно расширить, добавив новые разделы, что зависит от масштабов производства.

На рисунке 1 представлен один из возможных примеров собираемой группы. По массе все детали относятся к группе «масса менее 20 кг». По квалитету и шероховатости детали *a* и *b* относятся к группе с более низкими требованиями, чем деталь *c*, и не требуют применения ОЦ с ЧПУ, то есть деталь *c* не подходит для объединения с деталями *a* и *b*. По диаметру все заготовки находятся в одном диапазоне. Применяемый материал всех трех – конструкционная сталь – параметры твердости одного диапазона. Однако детали *a* и *b* имеют модульные поверхности, выполнение которых требует применения ОЦ с ЧПУ, поэтому возможно их объединение в группу с деталью *c*, и обработку всех трех деталей можно вести на ОЦ с ЧПУ.

Проверка возможности применения нейронной сети для группирования

Если говорить о применении нейронной сети, прежде всего необходимо оценить возможность определения нейронной сетью детали типа диска на чертежах.

Была использована одна из самых быстрых и точных моделей с открытым исходным кодом для распознавания объектов YOLOv5. Модель была обучена на подготовленном наборе дан-

ных под конкретную задачу – определение дисков (flange) на изображениях. Во время тестирования модель смогла выполнить возло-

женные на нее функции, определив необходимый объект из проверочного набора данных (рис. 2).

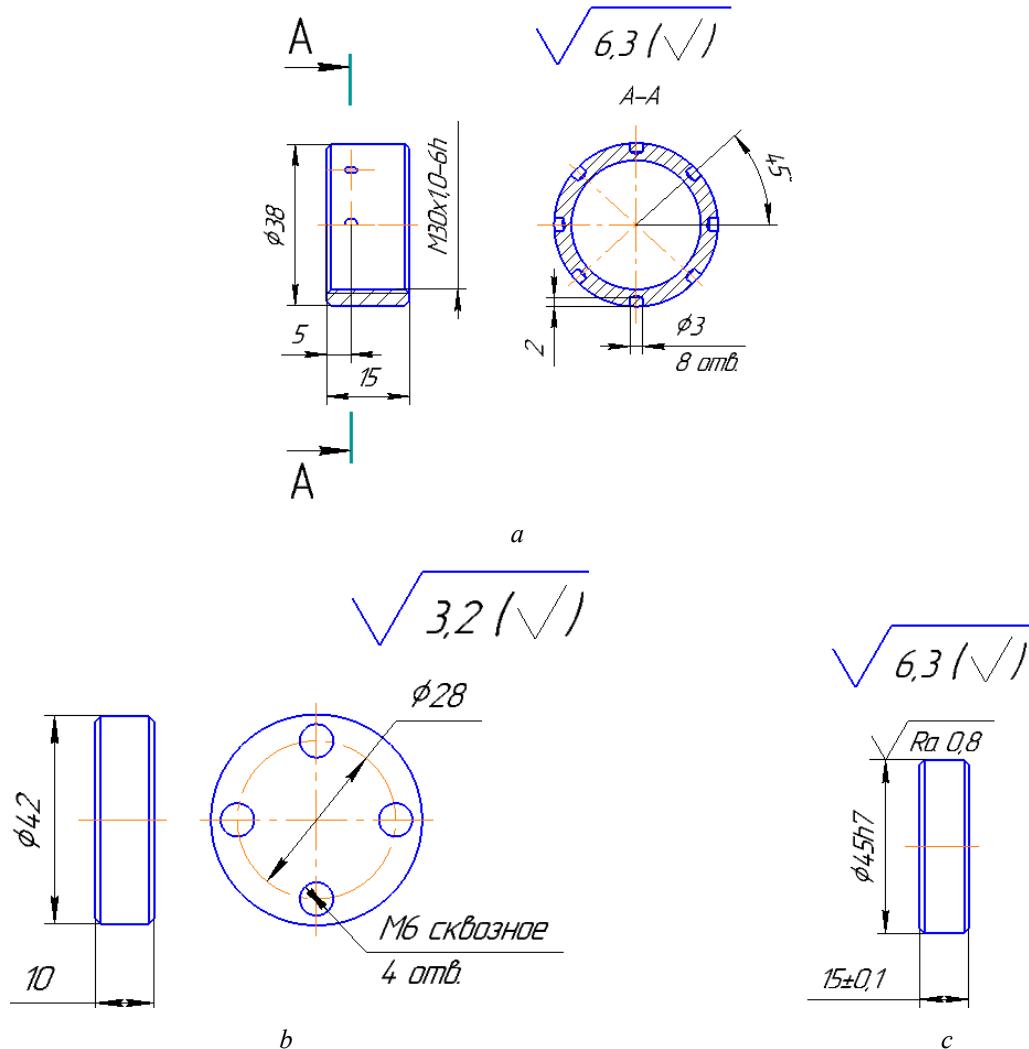


Рис. 1. Пример группы деталей для обработки на ОЦ с ЧПУ: *a* – гайка; *b* – диск с отверстиями; *c* – диск

Fig. 1. Example of a group of parts for processing on a CNC machining center: *a* - nut; *b* - disk with holes; *c* - disk

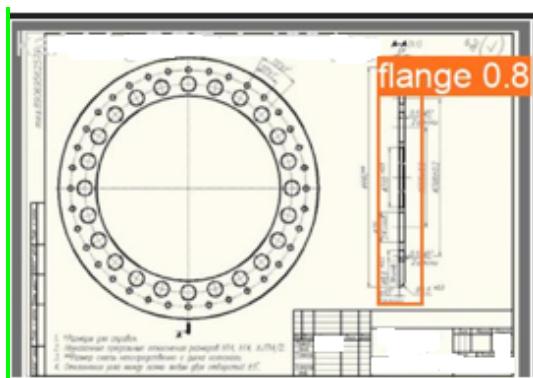


Рис. 2. Определенный моделью диск на чертеже

Fig. 2. The model-defined disk in the drawing

Что касается характеристик группировки, представленных на чертеже в виде букв и цифр, – нейронная сеть также обучена этому, и этот прием давно применяется на практике [20].

Возможность нахождения модульных поверхностей рассмотрим на примере отверстий резьбовых и гладких по оси и не по оси дисков. Модель показала, что может осуществить данную группировку. На рисунке 3 показан пример найденных отверстий на чертежах.

Таким образом, разработанная группировка подходит для использования ее совместно с моделью нейронной сети для повышения скорости и качества группирования.

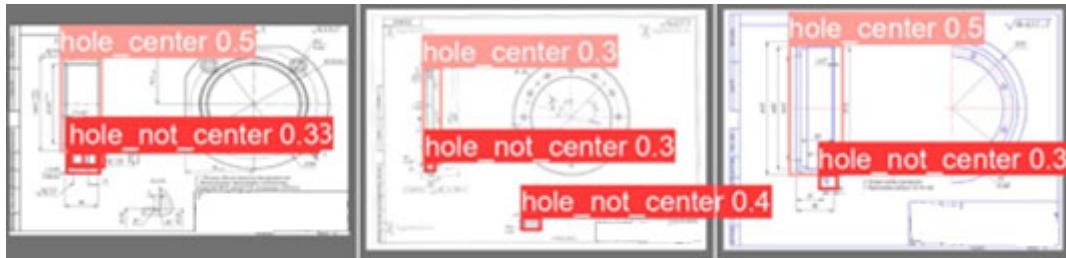


Рис. 3. Определение отверстий на чертежах

Fig. 3. Defining holes in drawings

Выводы

Таким образом, представленный в настоящей статье вариант группирования при планировании производства деталей – тел вращения типа диск – является весьма перспективным приемом для увеличения эффективности единичного и мелкосерийного типов производства.

Полученный классификатор объединяет две основные функции:

- увеличение серийности путем группирования различных деталей при меньшем числе групп, чем в базовых документах, объединение основных групп и добавление новых характеристик, на которые стоит обращать внимание в условиях современного производства;

- появление новой функции группировки, которая поможет специалисту по планированию понять, на каких станках можно сделать данные детали, – на универсальном токарном оборудовании, ОЦ с ЧПУ, либо необходимо применение другого оборудования.

Полученный классификатор можно использовать совместно с нейронными сетями, что приводит к множеству положительных факторов: существенному снижению трудоемкости группирования, так как большие объемы чертежей могут быть обработаны автоматически; существенному повышению скорости группирования; увеличению качества группирования за счет снижения количества ошибок, которые обусловлены человеческим фактором и рутинностью процесса.

Библиографические ссылки

1. Кузнецов С. В., Роговик А. А., Муругов Ю. С. Подбор оптимальной группировки деталей типа вал для увеличения серийности при планировании производства // Машиностроение. 2023. № 1. С. 51–55.

2. Dan Luo Icon, Simon Thevenin, Alexandre Dolgui (2023) A state-of-the-art on production planning in Industry 4.0 = Современные технологии планирования производства в Индустрии 4.0 [Electronic resource]. International Journal of Production Research, no. 19, pp. 6602-6632.

3. Гусева Ж. И. Особенности планирования производства на авиационном предприятии // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 4. С. 99–104.

4. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства : в 2 т. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Машиностроение, 1983. 407 с.

5. Митрофанов С. П. Научная организация машиностроительного производства. Ленинград : Машиностроение, 1976. 712 с.

6. Базров Б. М. Специализация машиностроительного производства // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2023. № 8 С. 43–48.

7. Путятина Л. М., Барсова Т. Н. Современные подходы к анализу развития специализации производства на предприятиях машиностроительной отрасли // Modern Economy Success, 2020, no. 1, pp. 19-23.

8. Ракунов Ю. П. Применение метода анализа-синтеза для проектирования многоуровневой базовой групповой технологии // Автоматизация производственных процессов в машиностроении. 2022. № 12. С. 65–72.

9. Полетаева Е. В., Горлов И. В. Оптимизация структуры производственной системы в условиях многонomenclатурного машиностроительного производства // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2022. № 2 (14). С. 77–82.

10. Malikov V.N., Kunigina L.V., Munister V.D., Zolkin A.L., Varshavskij V.R. (2021) Features of the implementation of artificial intelligence and digital technologies in industrial production: promising directions and modern trends in automation. Journal of Physics: Conference Series, pp. 1-6.

11. Полетаева Е. В., Горлов И. В., Филин О. С. Оптимизация последовательности запуска группового производства // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. 2020. № 13. С. 86–92.

12. Определение коэффициентов штучного времени деталей типа вал на основе их подобия / С. В. Кузнецов, М. С. Аносов, А. А. Роговик, Ю. С. Муругов // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 6. С. 72–75.

13. Кугаевский С. С., Богоявленский А. В. Использование технологических шаблонов для определения

прогнозной трудоемкости изготовления деталей на токарных станках с ЧПУ // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2024. Т. 27, № 1. С. 26–35. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-26-35

14. Кузнецов С. В., Роговик А. А. Перспектива применения нейронных сетей для планирования загрузки участка механической обработки // International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2024, no. 9, pp. 115-117.

15. Mohammed Sharafath Abdul Hameed, Andreas Schwung (2023) Graph neural networks-based scheduler for production planning problems using reinforcement learning. Journal of Manufacturing Systems, no. 9, pp. 91-102.

16. Alireza Pooya, Amin Mansoori, Mohammad Eshaghnezhad, Shila Monazam Ebrahimpour (2021) Neural Network for a Novel Disturbance Optimal Control Model for Inventory and Production Planning in a Four-Echelon Supply Chain with Reverse Logistic. Neural Processing Letters, no. 53, pp. 4549-4570.

17. Звонарев И. С., Караваев Ю. Л. Нейросетевой алгоритм обучения мобильного робота в задаче следования за целью // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2024. Т. 27, № 2. С. 4–14. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-2-4-14

18. Павлова А. Н., Кузнецова О. В. Проектирование группового технологического процесса механической обработки деталей на основе применения инструментов математического моделирования // Современные научноемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 1. С. 98–108.

19. Игнатьев Ф. Ю., Колесникова О. В., Лелюхин В. Е. Исследование сходимости алгоритма автоматического проектирования технологического процесса механической обработки // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 5. С. 30–37.

20. Винокуров И. В. Использование сверточной нейронной сети для распознавания элементов текста на отсканированных изображениях плохого качества // Программные системы: теория и приложения. 2022. № 3. С. 29–43.

References

1. Kuznetsov S.V., Rogovik A.A., Murugov Yu.S. (2023) [Selection of the optimal grouping of “Shaft” type parts to increase seriality in production planning]. *Mashinostroenie*, 2023, no. 1, pp. 51-55 (in Russ.).
2. Dan Luo Icon, Simon Thevenin, Alexandre Dolgui (2023) A state-of-the-art on production planning in Industry 4.0 [Electronic resource]. *International Journal of Production Research*, no. 19, pp. 6602-6632.
3. Guseva Zh.I. (2021) [Production planning specifics at an aviation enterprise]. *Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, no. 4, pp. 99-104 (in Russ.).
4. Mitrofanov S.P. (1983) *Group technology of machine-building production* [Group technology of machine-building production]. Leningrad: Mashinostroenie Publishing, 407 p. (in Russ.).

5. Mitrofanov S.P. (1976) *Scientific organization of machine-building production* [Scientific organization of machine-building production]. Leningrad: Mashinostroenie Publishing, 712 p. (in Russ.).

6. Bazrov B.M. (2023) [Specialization of machine-building production]. *Naukoemkie tehnologii v mashinostroenii*, no. 8, pp. 43-48 (in Russ.).

7. Putyatina L.M., Barsova T.N. (2022) [Modern approaches to analyzing the development of specialization of production at enterprises in the machine-building industry]. *Modern Economy Success*, no. 1, pp. 19-23 (in Russ.).

8. Rakanov Yu.P. (2022) [Application of the analysis-synthesis method for designing a multi-level basic group technology]. *Avtomatizacija proizvodstvennyh processov v mashinostroenii*, no. 12, pp. 65-72 (in Russ.).

9. Poletaeva E.V., Gorlov I.V. (2022) [Optimization of the production system structure in conditions of diversified machine-building production]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serija: Tekhnicheskie nauki*, no. 2, pp. 77–82. (in Russ.).

10. Malikov V.N., Kunigina L.V., Munister V.D., Zolkin A.L., Varshavskij V.R. (2021) Features of the implementation of artificial intelligence and digital technologies in industrial production: promising directions and modern trends in automation. *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1-6.

11. Poletaeva E.V., Gorlov I.V., Filin O.S. (2020) [Optimization of the sequencing of group production start-up]. *Mehanika i fizika processov na poverhnosti i v kontakte tverdyh tel, detalej tekhnicheskogo i jenergeticheskogo oborudovaniya*, no. 13, pp. 86-92 (in Russ.).

12. Kuznetsov S.V., Anosov M.S., Rogovik A.A., Murugov Yu.S. (2024) [Determination of the unit time coefficients of “shaft” type parts based on their similarity]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja*, no. 6, pp. 72-75 (in Russ.).

13. Kugaevsky S.S., Bogoyavlensky A.V. (2024) [Using technological templates to determine the predicted labor intensity of manufacturing parts on CNC lathes]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, vol. 27, no. 1, pp. 26-35 DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-26-35 (in Russ.)

14. Kuznetsov S.V., Rogovik A.A. (2024) [The prospect of using neural networks to plan the loading of a machining site]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie*, no. 9, pp. 115-117 (in Russ.).

15. Mohammed Sharafath Abdul Hameed, Andreas Schwung (2023) Graph neural networks-based scheduler for production planning problems using reinforcement learning. *Journal of Manufacturing Systems*, no. 9, pp. 91-102.

16. Alireza Pooya, Amin Mansoori, Mohammad Eshaghnezhad, Shila Monazam Ebrahimpour (2021) Neural Network for a Novel Disturbance Optimal Control Model for Inventory and Production Planning in a Four-Echelon Supply Chain with Reverse Logistic. *Neural Processing Letters*, no. 53, pp. 4549-4570.

17. Zvonahev I.S., Karavaev Yu.L. (2024) [Neural Network Algorithm for Training a Mobile Robot in the Task of Following a Target]. *Vestnik IzhGTU imeni*

M. T. Kalashnikova, vol. 27, no. 2, pp. 4-14. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-2-4-14 (in Russ.)

18. Pavlova A.N., Kuznetsova O.B. (2020) [Designing a group technological process of machining parts based on the use of mathematical modeling tools]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie*, no. 1, pp. 98-108 (in Russ.).

19. Ignatiev F.Yu., Kolesnikova O.V., Lelyukhin V.E. (2021) [Convergence study of the algorithm

for automatic design of the technological process of mechanical processing]. *Uchenye zapiski Komsomolskogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, no. 5, pp. 30-37 (in Russ.).

20. Vinokurov I.V. (2022) [Using a convolutional neural network to recognize text elements on scanned images of poor quality]. *Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya*, no. 3, pp. 29-43 (in Russ.).

Grouping Rotation Bodies of “Disc” and Similar Type when Planning Their Manufacture to Increase the Serial Production

S.V. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

A.A. Rogovik, Post-graduate, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

The article describes a way to increase the production efficiency of parts – rotation bodies of the disc and similar type. The tasks of increasing production efficiency are on top of their relevance and still remain crucial for specialists in the machine-building industry. This method can have a particularly significant effect on single and small-scale production. The method described below represents the development of a new part grouping, resulting in several positive effects: increasing the batch size by grouping parts according to similar design and technological features, obtaining information about the application of certain equipment, and the possibility of using the developed classifier in conjunction with a neural network model. In the course of the work, the analysis and processing of existing classifiers was carried out, two basic documents with main grouping characteristics were selected so as to increase the serial number, and saving a balance between not too small and not too large number of groups. Further, indicators of the possibility of using universal lathes, CNC turning and milling machines or specialized equipment, depending on the group, were added to the resulting grouping. Also, in the end, research was conducted on the possibility of using this grouping in conjunction with a neural network model. As a result, a grouping was obtained that meets modern production conditions, and includes the necessary groups to use it to increase the efficiency of small-scale and single production, and which can be used to successfully train a neural network across all its groups.

Keywords: grouping of parts, production planning, rotating body parts, disc type parts, increasing serial number, neural networks.

Получено 10.01.2025

Образец цитирования

Кузнецов С. В., Роговик А. А. Группирование деталей тел вращения типа диск и ему подобных при планировании их изготовления с целью увеличения серийности производства // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2025. Т. 28, № 1. С. 24–32. DOI: 10.22213/2413-1172-2025-1-24-32

For Citation

Kuznetsov S.V., Rogovik A.A. (2025) [Grouping Rotation Bodies of “Disc” and Similar Type when Planning Their Manufacture to Increase the Serial Production]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, vol. 28, no. 1, pp. 24-32 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2025-1-24-32