

А. М. ЦАРЕВ

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, СРЕДСТВА
АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ
И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВАЛОВ**

658.52.011.56/073

26
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РФ

У 781

ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
ЗАГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВАЛОВ

Учебное пособие

Тольятти 1992

Царев А.М. Автоматические линии, средства автоматизации загрузки и транспортирования валов: Учебн.пособие.- Тольятти: ТолПИ, 1992.

Описаны средства и системы автоматизации загрузки и транспортирования, автоматические линии для обработки валов в условиях массового производства.

Обращено внимание на многовариантность технических исполнений и применения, исходя из отечественного и зарубежного производственного опыта и эксплуатации.

Рассмотрены вопросы анализа и совершенствования автоматических линий, повышения их технико-эксплуатационных параметров.

Для студентов спец. I201, I202.

Табл. 5. Ил. 42. Библиогр.: 8 назв.

Научный редактор

Щемелев А.И.

Рецензенты: кафедра "Технология машиностроения" ТолПИ
(зав.кафедрой к.т.н. доцент Горпеев А.В.);
Плисс А.А., генеральный директор НПЦ "Интех".

Утверждено редакционно-издательской секцией методического совета института.

©

Тольяттинский политехнический институт, 1992.

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВАЛОВ

Технология производства деталей массового и крупносерийного промышленного выпуска, характеризующаяся высокой степенью концентрации технологических процессов и комплексным характером автоматизации, потребовала создания сначала автоматических линий, а впоследствии на их базе комплексных систем.

Под автоматической линией понимается автоматически действующая многопозиционная система машин, например полуавтоматов, расположенных в технологической последовательности функционирования и объединенных общими средствами транспортирования, управления и другими средствами автоматизации. В процессе функционирования и промышленной эксплуатации автоматических линий осуществляются рабочие и вспомогательные процессы без непосредственного участия человека и обеспечивается непрерывный рост производительности труда. Автоматические линии позволили достичь наибольшую производительность оборудования в условиях массового производства в сочетании с совершенной технологией и применением прогрессивной инструментальной оснастки.

В состав автоматических линий для обработки валов входят токарные полуавтоматы, автоматизированное оборудование, разнообразное по назначению и технологическим возможностям. Полуавтоматом называется машина, работающая с автоматическим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Автоматом называется машина, в которой все рабочие и вспомогательные процессы, т.е. преобразование энергии, материалов и информации, выполняются без непосредственного участия человека.

Механизмы автоматов и полуавтоматов имеют рабочие и холостые хода. Рабочими ходами являются движения механизмов, благодаря которым осуществляется непосредственное технологическое воздействие инструмента на изделие, холостыми ходами являются вспомогательные движения механизмов, которые служат для подготовки и вы-

полнения рабочих ходов. Интервал времени между двумя повторяющимися одноименными рабочими (или холостыми) ходами является рабочим циклом.

Известно, что первый токарно-копировальный станок, являющийся прообразом современных токарных станков-полуавтоматов, был изготовлен в 1712 г. Нартовым А.К., механиком Петра I. Станок имел самоходный суппорт с приводом от шестеренчато-реечного механизма и механизм объемного копирования. Первые токарные станки-автоматы, полностью соответствующие этому названию, были построены лишь в 80-е годы XIX века. Они были одношпиндельными и соответствовали современным автоматам фасонно-продольного точения.

Значительным толчком в совершенствовании автоматизации и создании автоматов и полуавтоматов послужило развитие поточных методов производства в автомобилестроении, подшипниковой и электротехнической промышленности и других отраслях. С 1933 года в СССР было начато производство одношпиндельных токарных автоматов и полуавтоматов, а с 1934 г. — многошпиндельных.

Автоматов и полуавтоматов на заводах было очень мало. Согласно данным Всесоюзной переписи оборудования (1932г.), их удельный вес на машиностроительных предприятиях достигал лишь 1,9% от общего количества станков. Даже в массовом поточном производстве, наиболее благоприятном для автоматизации, автоматы и полуавтоматы составили лишь 6,4% (4,6% — одношпиндельные, 1,8% — многошпиндельные).

В 1937 г. рационализатор Сталинградского тракторного завода Иночкин И.П. начал работать над созданием автоматической линии для обработки поддерживающего ролика гусеницы трактора СТЗ-НАТИ. Эта линия была пущена в эксплуатацию в 1940г. В 1938г. механик автоматного цеха I ГПЗ Соколов А.И. разработал и создал пневматическую руку — автоматический манипулятор, с помощью которого связал два многошпиндельных полуавтомата в автоматическую линию. В 40-х и первой половине 50-х годов были созданы автоматические линии для обработки валов электродвигателей, цилиндрических и конических зубчатых колес, шлицевых валов, сделана попытка создать полностью автоматизированное предприятие по производству автомобильных поршней. Результаты создания автоматических линий были изучены и обобщены в печатных работах Владзиевского А.П. (1951г.).

В 1931г. в Ленинградском политехническом институте создается первая в СССР кафедра машин – автоматов под руководством Вяхирева С.В. В 1939г. опубликована одна из первых научных работ развития отечественного автоматостроения – книга Вяхирева "Автоматы и полуавтоматы". В 1939г. начал цикл исследований в области теории машин-автоматов Артоболевский С.И.

В 1932г. в Московском высшем техническом училище (МВТУ) им. Н.В.Баумана создается кафедра станков-автоматов под руководством Шаумяна Г.А., который был одним из первых исследователей, работавшим теорию машин-автоматов. В 1932-1933гг. им был разработан закон производительности. Теория производительности является инструментом анализа и синтеза машин, их оптимального построения и эксплуатации. Шаумяном Г.А. теория автоматических линий, рассматриваемых как многопозиционное оборудование, впервые была построена на теоретических основах агрегатирования, когда автоматическая линия понималась как многоуровневая система, состоящая из некоторого числа рабочих позиций оборудования и их участков [1,2]. На основе агрегатирования и равномерной дифференциации процесса обработки по позициям была построена теория производительности, как основа теории и создания автоматизированного оборудования. Широкое применение теории производительности и анализа оборудования в условиях эксплуатации при выборе наилучших технических решений подтверждается как отечественным, так и зарубежным опытом проектирования и эксплуатации автоматизированного оборудования.

В 1939г. начал цикл исследований в области теории машин-автоматов Артоболевский С.И. В 1945г. вышла первая крупная монография "Методы анализа машин-автоматов" (ч. I. Структурный анализ), написанная совместно Артоболевским И.И., Артоболевским С.И., Юдиным В.А. и Шаумяном Г.А. В ней была предпринята попытка соединить методы анализа и синтеза элементов машин с методом анализа и синтеза машин как систем. Развиваются вопросы создания общей теории машин автоматического действия в работах Артоболевского И.И., Артоболевского С.И., а в дальнейшем – Ильинского Д.Я.

В научных работах Владзиевского А.П. [3,4] впервые раскрыты вероятные законы функционирования автоматических линий, необходимые для задач их проектирования и эксплуатации. Для чего в процессе эксплуатационных исследований требуется выявить длительность настройки структурных компонентов оборудования, внецикловые потери.

На основе статических исследований выявлен закон распределения плотности вероятности интервалов выпуска, выявлена связь параметров закона распределения с технико-эксплуатационными характеристиками автоматической линии. Владзиевским А.П. была показана эффективность деления линии на участки с применением межучастковых накопителей, что способствует увеличению штучной производительности.

Эршпером Ю.В. вероятностные методы расчета используются при делении линии на потоки, секции или участки, подробно изучаются вероятности состояния работоспособности оборудования автоматических линий в процессе эксплуатационных исследований в зависимости от отдельных структурных параметров [4].

В инженерной практике нашли применение методы выбора структуры автоматических линий на основе проводимых эксплуатационных исследований. Большой вклад в развитие теории и практики создания высокоэффективных автоматических линий внесли Брон Л.С., Волчкевич Л.И., Вороничев Н.М., Дашенко А.И., Конюх А.И., Кунин М.А., Плащей Г.И., Черпаков Б.И. и другие.

Наибольшее применение в условиях массового производства нашли однопредметные автоматические линии, в частности линии для обработки валов. Автомобилестроительная промышленность, тракторное и сельхозмашиностроение являются главными заказчиками на их эксплуатацию. Для условий крупносерийного производства находят применение многопредметные, автоматические линии.

С развитием производства токарных полуавтоматов с программным управлением и станков типа "обрабатывающий центр" в условиях серийного и крупносерийного производства получают преимущественное развитие автоматизированные участки и автоматические линии, управляемые от ЭВМ.

Распространение получили комплексные автоматические линии, выполняющие как операции токарной обработки, так и операции, не относящиеся к таковым: обработка отверстий, зубообработка, фрезерные, сборочные операции, включая и такие операции, как термообработка, гальваническая, моечно-сушильные, контрольные, упаковочные и другие. Комплексность решений в вопросах автоматизации, особенно в условиях массового производства, обеспечивает наибольшую эффективность от использования производственного оборудования, совершенствования технологического процесса, позволяет сокращать время вспомогательных перемещений обрабатываемых изделий и производственные затраты по всему производственному циклу.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВАЛОВ

Автоматизированные системы оборудования, которыми являются автоматические линии, повлекли за собой коренной пересмотр технологических процессов. С развитием автоматизированных систем оборудования неразрывно связаны совершенствование технологии машиностроительного производства, рационализация технологических процессов.

При механической обработке со снятием стружки имеет место дробление процесса обработки с разбиением общего припуска, когда каждому инструменту соответствует часть припуска. Любой припуск на обработку, образованный между поверхностью обрабатываемой детали и наружной поверхностью заготовки, можно представить как тело сплошной среды, контуры и объем которого очерчены геометрией поверхностей обработанной детали и заготовки (рис.1).

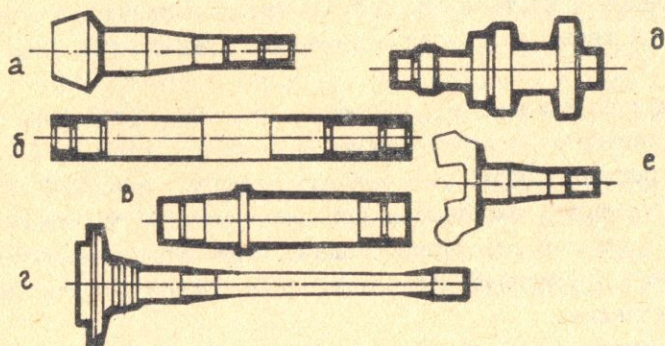


Рис.1. Типовые детали тел вращения с механической обработкой в центрах: а) шестерня ведущая заднего моста; б, в) вал ступенчатый; г) полуось заднего моста; д) блок шестерен; е) кулак поворотный

Первоначальный объем металла, предназначенный для полного снятия с заготовки до получения наружного контура обработанной детали, является припуском на обработку. В соответствии с конструктивными параметрами заготовки и обработанной детали, техническими требованиями к ним геометрические параметры припуска на обработку будут служить первоначальной информацией определения множества технологических операций, установок и переходов, их последовательности выполнения. В этой связи припуск на обработку (рис.2), сос-

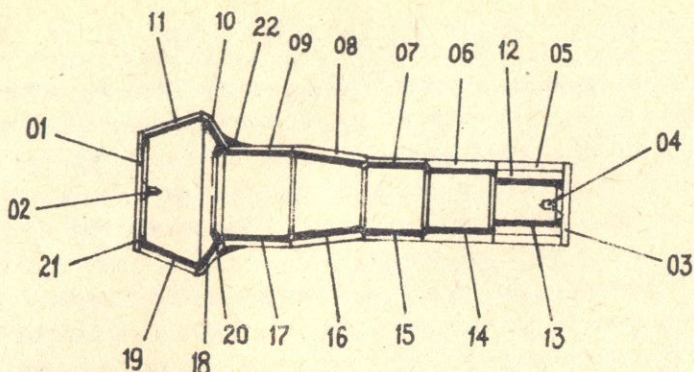


Рис.2. Совмещенная схема заготовки и обработанной детали с поэлементным членением припуска на обработку

тавные части которого определяют множество его взаимосвязанных элементов, может рассматриваться как объект декомпозиционного процесса преобразования первоначального объема припуска в элементные объемы.

Членение припуска на элементные объемы определяет дифференциацию всего процесса обработки и осуществляется с учетом технологических возможностей и режимов обработки оборудования, ограничений, накладываемых по инструменту, заготовке, организационных ограничений, предусмотренных целями поставленной задачи, производственно-технических ограничений на процесс обработки, оборудование, заготовку и обрабатываемое изделие.

Каждому элементному объему будет соответствовать элементная формообразующая поверхность, полученная во время выполнения i -го элементного процесса. Последовательность воздействия инструмента на элементные объемы с образованием элементных поверхностей предопределяет множество вариантов последовательностей выполнения элементных процессов обработки деталей.

В связи с дифференциацией весь процесс обработки детали может быть осуществлен в пределах одной рабочей позиции на одном станке или в пределах нескольких позиций q автоматической линии. При дифференцированном процессе обработки возможны три варианта выполнения элементных процессов обработки: А – последовательная во времени очередность, Б – одновременная обработка с совмещением по на-

ибольшему (лимитирующему) времени протекания одного из них, В – последовательно-совмещенная. Расчленение процесса обработки детали рассматривается как дифференциация процесса на несколько технологических операций, установок и технологических переходов с концентрацией элементарных процессов на каждой отдельной позиции автоматической линии. В основу технологических процессов обработки деталей на автоматических линиях закладывается высокая степень концентрации операции с достижением минимальных потерь времени работы оборудования и наилучших условий его эксплуатации. Существенное значение для выпуска изделий на автоматических линиях имеет обоснованное применение марок материалов, технологичность конструкции обрабатываемой детали, распределение припусков по обрабатываемым поверхностям.

Первыми операциями процесса обработки детали типа вал являются обработка торцев и центрование с двух сторон. Для выполнения данных операций можно применить фрезерно-центровальный полуавтомат с последовательной очередностью обработки по двум позициям: первая – фрезерование торцев с двух сторон и вторая – центрование детали с двух сторон. В связи с применением заготовок, приближающихся к профилю окончательно обработанных деталей, наибольшее применение получили центровально-подрезные полуавтоматы для многоинструментальной обработки (рис.3), на которых операции обработки торцев и центрования совмещены на одной рабочей позиции автоматической линии и осуществляются с помощью комбинированных инструментальных блоков.

Автомат применяется в составе автоматической линии, имеет гидросистему питания узлов подачи инструментальных блоков и узлов крепления обрабатываемой детали. В состав системы управления входят индивидуальный пульт управления автоматом навесного исполнения, центральный пульт управления всей линией (на рисунке слева), шкаф управления (на рисунке справа). Автомат имеет центрально расположенный транспорт проходного типа для подвода и отвода обрабатываемых деталей. Шпиндельные узлы размещены на общей станине по ходу движения транспортного потока обрабатываемых валов. Деталь на время обработки зажимается с помощью самоцентрирующих тисков. Для осевого базирования детали в зоне обработки имеется жесткий или подводной упор. Инструментальные блоки (рис.4), закрепленные на шпиндельных узлах, получают осевое перемещение и ведут одновременную подрезку торцев и центрование с двух сторон детали.

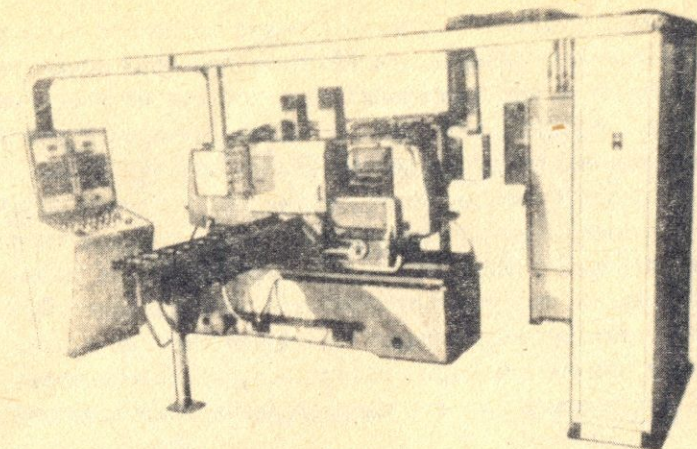


Рис.3. Центровально-подрезной автомат для двухстороннего центрования и подрезки торцов валов

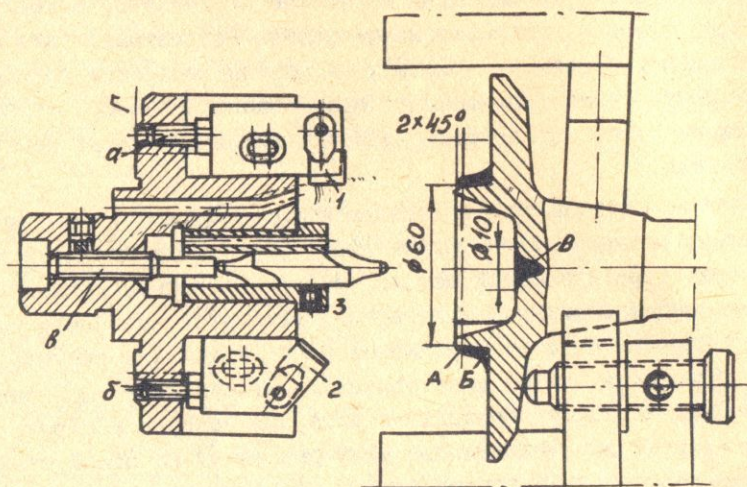


Рис.4. Схема комбинированной торцевой обработки детали с применением сменного инструментального блока

Примером многоинструментальной обработки с применением сменного блока (рис.4) является обработка на центровально-подрезном полуавтомате. С помощью инструментов - пластин твердого сплава 1,2 и комбинированного центровочного сверла 3 - осуществляется одновременная совмещенная обработка элементарных поверхностей А,Б,В. Сменный блок показан на примере обработки центрового отверстия В и наружных поверхностей А,Б полуоси заднего моста. Пластины 1,2 и сверло 3 крепятся на инструментальных вставках, для которых предусмотрена регулировка с помощью винтов а,б,в. За счет концентрации обработки поверхностей А,Б,В с применением блочной инструментальной оснастки значительно уменьшается трудоемкость обработки, поддерживаются стабильная точность обработки и качество обрабатываемой детали. Обеспечивается быстросменность и взаимозаменяемость блочной инструментальной оснастки, что позволяет проводить регулировку и настройку инструмента на размер вне станка в контрольном приспособлении.

Главным преимуществом многоинструментальных блоков является то, что операции подрезки торцев и центрования совмещены во времени. Так, обработка детали - шестерни ведущей заднего моста автомобиля (рис.5) - осуществляется одновременно с двух сторон инструментальными блоками А,Б.

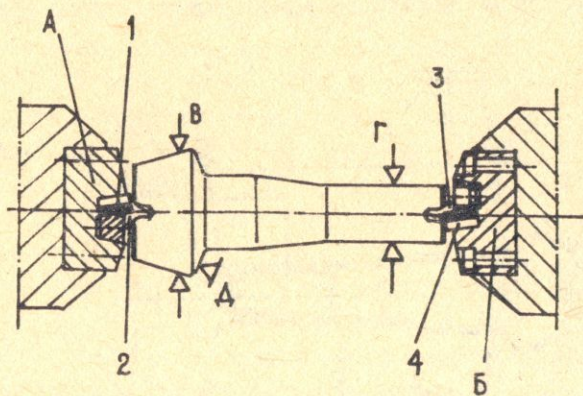


Рис.5. Схема двухсторонней обработки торцев и центрования валов: А,Б - блоки инструментальные; В,Г - зажимы гидравлические самоцентрирующие; Д - упор осевого базирования; 1,4 - пластины твердого сплава; 2,3 - сверла центровочные

В инструментальный блок входит оправка с закрепленными на ней сменными пластинами твердого сплава 1,4 и центровочными сверлами 2,3. Обрабатываемая деталь базируется и зажимается в призмах самоцентрирующих зажимов В,Г гидравлических или электромеханических тисков. Осевое базирование обеспечивается за счет жесткого упора Д. При обработке валов на центровально-подрезных полуавтоматах должна использоваться высокоточная заготовка с минимальными припусками. В отличие от фрезерно-центровальных полуавтоматов на центровально-подрезных полуавтоматах первыми начинают врезание центровочные сверла 2,3 по поверхности заготовки, а затем продолжается центрование совместно с подрезкой торцев пластинами твердого сплава 1,4. В процессе эксплуатации полуавтомата смена и регулировка пластин 1,4 и сверл 2,3 осуществляется на инструментальном блоке А,Б вне станка с применением контрольной оснастки.

Помимо механической обработки торцев на автоматах (рис.3) предусматривается позиция автоматического контроля обработки торцев и центровых отверстий.

Технологические возможности современных токарных станков полуавтоматов в составе автоматических линий позволяют концентрировать процесс обработки на одной позиции. На токарно-гидрокопировальных полуавтоматах в линиях устанавливались два суппорта: один гидрокопировальный, второй - подрезной или крестовый. В настоящее время, с учетом повышения мощности привода и жесткости оборудования, концентрации процесса обработки на одном станке, число суппортов увеличено.

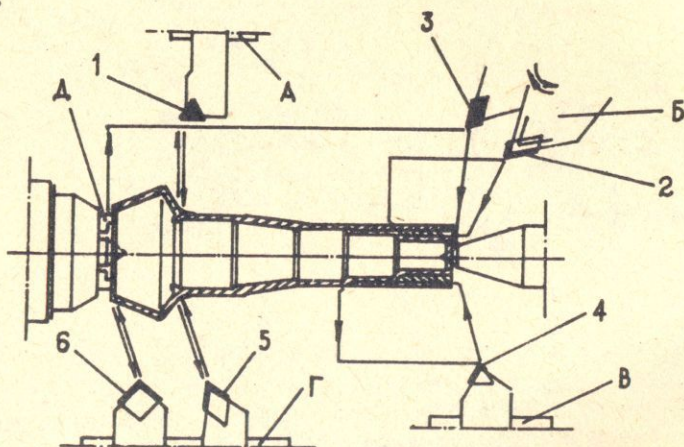


Рис.6. Схема обточки детали на токарно-гидрокопировальном полуавтомате

Наличие инструментов, установленных на суппортах А, Б, В, Г, обуславливает наибольшую концентрацию обработки на одной позиции оборудования автоматической линии за счет мощной системы привода, повышенной жесткости конструкции станка и суппортных групп, применения широкого диапазона режимов обработки и соответствующего износоустойчивого быстросменного и регулируемого инструмента.

При обработке детали на полуавтомате установлены суппорт гидрокопировальный Б с поворотным резцовым блоком и сменными пластинами твердого сплава 2,3, суппорт крестовый В со сменной пластиной 4, два суппорта подрезных – суппорт А с пластиной 1 и суппорт Г с блоком режущих инструментов и пластин 5,6. Суппорты А и Г ведут обработку после завершения обработки суппортом Б. При установке детали на автомате по центровым отверстиям (предварительно полученным на центrovально-подрезном полуавтомате) обеспечивается точность базирования, а жесткость крепления достигается за счет прижима детали задним центром. Врезные кулачки Д дают возможность вести обработку детали на всей ее длине, но имеют ограниченное применение в связи с необходимостью применения высокоточных заготовок с малыми перепадами значений диаметров обрабатываемых поверхностей, поставленных в отожденном состоянии, со снятием остаточных напряжений и поверхностных деформаций. Допускается дробеструйная поверхностная обработка заготовок.

Одним из достижений совмещения элементарных процессов токарной обработки во времени является возможность обработки детали с двух сторон одновременно двумя суппортами со встречными движениями в продольном направлении на одном полуавтомате (рис.7). В рассматриваемом случае суппорты устанавливают на отдельных каретках, каждая из которых имеет собственный привод продольного перемещения. Деталь полуось подвергается обработке инструментами А, Б. Направление продольного движения инструмента при обработке детали встречное. При совместной обработке инструмент А на фланце успевает сделать черновой проход до того времени, как инструмент Б проведет полуцистовую обработку детали, включая обработку по наружному диаметру Д.

Рассмотрим типовой технологический маршрут обработки ступенчатого вала на автоматической линии на примере маршрута обработки детали полуось заднего моста автомобиля (рис.1, деталь Г, табл.1) [С], обрабатываемый материал – сталь 35.

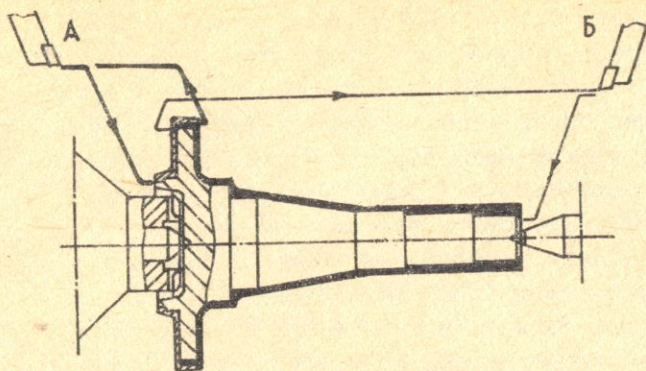


Рис.7. Схема совмещенной обработки детали с двух сторон двумя суппортами на каретках с независимой подачей

На автоматической линии осуществляется 15 технологических операций (табл.1). Для продольной правки стальной заготовки - операция 10 (рис.8) - применяется правильный пресс - автомат, на котором заготовка, вращаясь с помощью зажимного патрона, рихтуется тремя рядами вращающихся валков.

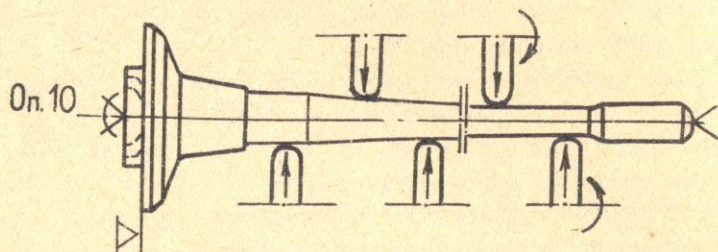


Рис.8. Продольная правка

При выполнении операции 20 (рис.9) отрезается дисковой фрезой прибыльная часть заготовки, после чего на отдельной позиции осуществляются совмещенные во времени подрезка торцев, центрование и обточка с помощью двух инструментальных блоков на центровально-подрезном полуавтомате (рис.3). На каждом инструментальном блоке крепятся пластины твердого сплава для подрезки торцев, обточки конца вала, снятия фасок, а также центровочное сверло. Токарная обработка фланца - операция 30 (рис.10) и оси - операция 40 (рис.11) осуществляются на токарно-гидрокопировальных многолезцовых полуавтоматах.

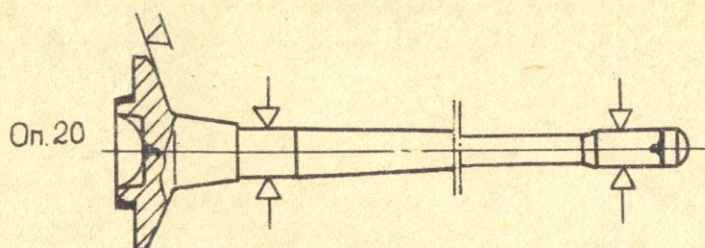


Рис. 9. Отрезка прибыльной части заготовки, обработка торцев и центрование с двух сторон

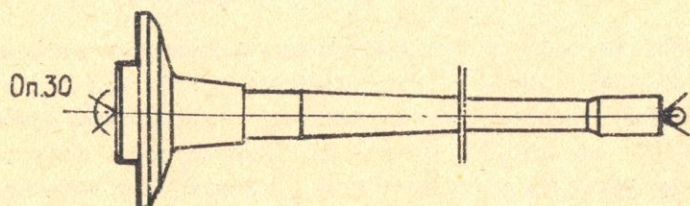


Рис.10. Операция токарная, обработка торцев фланца, обточка

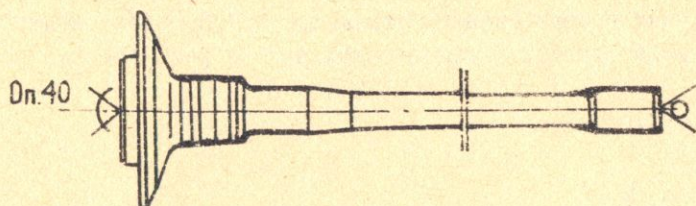


Рис.11. Операция токарная, обточка шейки, обточка под накатывание шлиц

Шлицы с эвольвентным профилем накатываются в холодном состоянии - операция 50 (рис.12) на накатном станке с автоматической загрузкой.

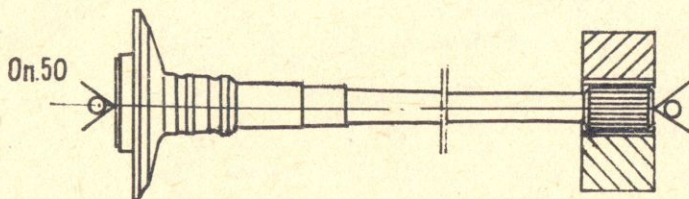


Рис.12. Накатка шлицевого профиля

При выполнении операции 60 обеспечивается промывка на автоматической моечной машине в составе автоматической линии. Для термической обработки детали - операция 70 используется специальная автоматическая установка для закалки и отпуска. Закалка осуществляется с индукционным нагревом участка вала и последующим охлаждением с разбрызгиванием 2%-го раствора пассивирующего вещества, отпуск - в среде горячего воздуха. При выполнении операции продольного выпрямления вала (рис.13) после закалки деталь устанавливается на упругие опоры с поджатием центров (табл.1, операция 80, стрелки 1, 2,3,4,5). Точки правки указаны стрелками 6,7,8. Правка ведется по показаниям индикаторов, установленных в зоне расположения опор 1, 2,3,4,5.

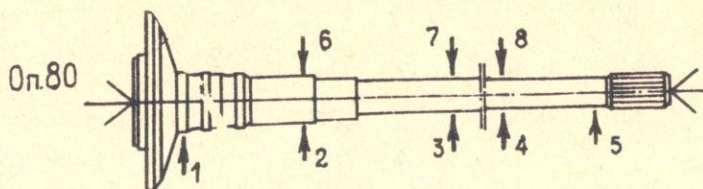


Рис.13. Правка после термообработки

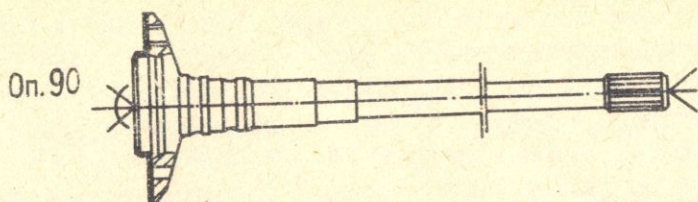


Рис.14. Токарная обработка, сверление отверстий,
нарезание резьбы

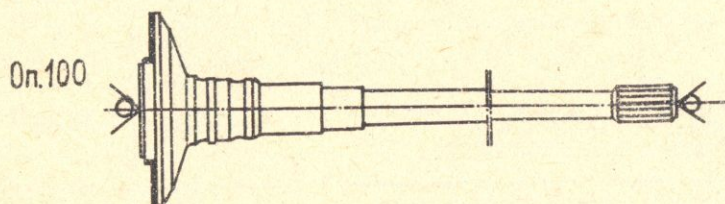


Рис.15. Операция шлифовальная

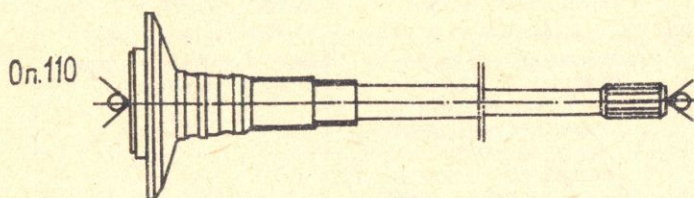


Рис.16. Операция шлифовальная

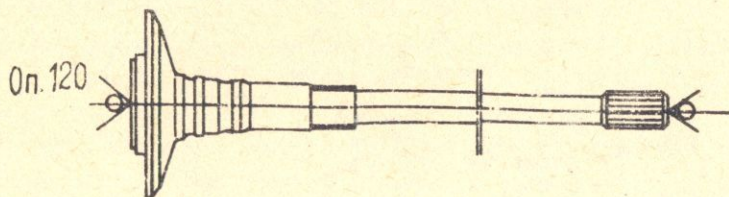


Рис.17. Операция полировальная

При выполнении операций I00, I10 (рис. I5, I6) осуществляется шлифование наружных поверхностей деталей, на операции I00 - шлифование торца фланцевой части. На операции I10 (рис. I6) применяются полуавтоматы с заправкой шлифовального круга под углом 30° со ступенчатым профилем. Операция I20 (рис. I7) предусматривает полировку шейки вала в среде керосина с помощью полировальной ленты при шероховатости поверхности $Ra = 0,2-0,4$ мкм. Контроль трещин - операция I30 осуществляется с помощью дефектоскопа. Затем на автоматической моечной установке производится окончательная промывка - операция I40. Завершает технологический процесс 100%-й контроль обработанных деталей - операция I50.

Таблица I

Технологический маршрут обработки детали полуось заднего моста

Номер операции	Эскиз обработки	Наименование технологической операции	Оборудование	Время штучное, мин
I0	Рис.8	Продольная правка	Правильный пресс с автоматической загрузкой	0,22
20	Рис.9	Отрезка прибыльной части заготовки, обработка торцев с двух сторон, центрование с двух сторон, наружная обточка, снятие фасок со стороны торцев	Центровально-подрезной полуавтомат	0,325
30	Рис. I0	Токарная. Обработка торцев фланца, обточка	Токарно-гидрокопировальный полуавтомат	0,79
40	Рис. II	Токарная. Обточка шейки подшипника, шейки сальника и проточка канавок распределения масла, обточка вала под накатывание шлиц	Токарно-гидрокопировальный полуавтомат	I,03
50	Рис. I2	Накатка шлицованного профиля	Накатной станок-автомат	0,26
60		Промывка	Автоматическая моечная установка	0,83

Продолжение табл. I

Номер операции	Эскиз обработки	Наименование технологической операции	Оборудование	Время штучное, мин
70		Закалка и отпуск	Автоматическая установка с индукционным нагревом	1,5
80	Рис. I3	Правка после термообработки	Правильный пресс-автомат	
90	Рис. I4	Токарная обработка, сверление отверстий, нарезание резьбы, снятие фасок во фланце	Участок автоматической линии	0,31
100	Рис. I5	Шлифовальная	Полуавтомат для наружного шлифования	0,84
110	Рис. I6	Шлифовальная	Полуавтомат для наружного шлифования	0,96
120	Рис. I7	Полировальная	Полировальный двухшпиндельный станок - автомат	0,338
130		Контроль трещин	Дефектоскоп	0,268
140		Промывка	Автоматическая моечная установка	0,83
150		Контроль 100%	Контрольная аппаратура	

При рассмотрении технологического процесса осуществляется расчет режимов обработки индивидуально по позициям, которые обеспечивали бы получение требуемой производительности автоматической линии при достижении наибольшей экономической эффективности от ее применения. Выбор режимов резания зависит от выбора заготовки, назначения припусков на обработку и точности обработки в соответствии с конструкцией обрабатываемой детали, оборудования и инструмента. Выбор режимов резания по позициям увязан с обработкой детали в целом на всей автоматической линии.

В табл. 2 приводятся значения применяемых режимов резания на примере обработки детали шестерня ведущая заднего моста (рис. 2) на позициях центrovально-подрезной (рис. 5) и токарной обработки (рис. 6).

Таблица 2

Режимы резания для обработки детали шестерня ведущая заднего моста

Операции механической обработки	Инструмент	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/мин
Центровально-подрезная (рис.5)	1	100	50,8
	2	21,8	50,8
	3	27	64
	4	88	64
Токарная (рис.6)	1	152	400
	2	106	767,5
	3	106	767,5
	4	137	625
	5	91	88
	6	118	88

МНОГОВАРИАНТНОСТЬ КОМПОНОВОЧНЫХ ИСПОЛНЕНИЙ ТОКАРНО-ГИДРОКОПИРОВАЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ

Автоматическая линия, состоящая из полуавтоматов, является многоуровневой технологической системой автоматизированного оборудования, в которой токарные полуавтоматы представляют системы меньшего уровня структурной иерархии. В свою очередь, полуавтоматы содержат подсистемы низшего уровня структурной иерархии, например суппорты, каретки, шпиндельная и задняя бабки и другие.

Узлы полуавтомата (главного движения и подачи) сообщают движения инструменту и заготовке и при рассматриваемых режимах обработки формируют значения составляющих параметров времени затрат

$N_t = (t_1, t_2, \dots, t_n)$. Примем $t_{хп}$ - время ускоренного подвода; t_p - время рабочих перемещений; $t_{хо}$ - время ускоренного отвода; t_n - время внецикловых потерь (простои, затраты на обслуживание и ремонт). Если задан диапазон изменения режимов обработки,

условий эксплуатации оборудования, то для узлов область изменения значений варьируемых параметров времени затрат $t_{хл}; t_p; t_{хо}; t_n$. Эти затраты являются приведенными характеристиками функциональных свойств и технологических возможностей каждого узла при заданных условиях, которые, накладываясь по закону композиции, формируют сначала показатели времени затрат полуавтомата на отдельной рабочей позиции, а затем в целом всей автоматической линии.

Автоматические линии токарной обработки чаще всего komponуются на базе токарно-гидрокопировальных полуавтоматов с горизонтальной осью обработки. На токарно-гидрокопировальных полуавтоматах верхние гидрокопировальные суппорты несут наибольшую силовую нагрузку, осуществляют основной съем металла с заготовки и формирование поверхности обрабатываемой детали, они работают на поджим. Крестовые и подрезные суппорты обычно устанавливают на нижних направляющих станины станка.

Для черновой и чистовой обработки с помощью одного гидрокопировального суппорта на специальных станках предусматривается возможность размещения поворотной инструментальной головки. В случае необходимости устанавливаются револьверные блоки с четырьмя и более инструментами, что при применении многопроходной обработки расширяет технологические возможности оборудования, обеспечивает повышение концентрации процесса обработки на одном станке.

Многовариантность компоновочных исполнений токарно-гидрокопировальных полуавтоматов прежде всего определяется основными признаками.

1. Пространственным положением детали в рабочей зоне в процессе обработки: а) с горизонтальной осью; б) с вертикальной осью.

2. Концентрацией технологического процесса обработки на одном станке и дифференциацией процесса с расчленением процесса обработки на несколько технологических переходов, выполняемых чаще всего с совмещением во времени различными суппортами.

3. Количеством одновременно обрабатываемых деталей: а) одношпиндельные; б) двухшпиндельные; в) многошпиндельные. Данный признак дополняет признак 2 по степени концентрации процесса обработки.

4. Относительным пространственным положением узлов, а также положением узлов относительно обрабатываемой детали, определяющих удобство обслуживания, условия отвода стружки и воздействия сил резания на деталь.

Для достижения наибольшей степени концентрации процесса обработки разрабатываются полуавтоматы с применением 4-5 суппортов на одном станке. С учетом совмещения элементарных процессов (технологических переходов) в сочетании с высокой степенью концентрации за один установ на одном полуавтомате производится многопроходная обработка. Возможности концентрации процесса обработки на одном токарно-гидрокопировальном полуавтомате рассматриваются на примере исполнений рис.18.

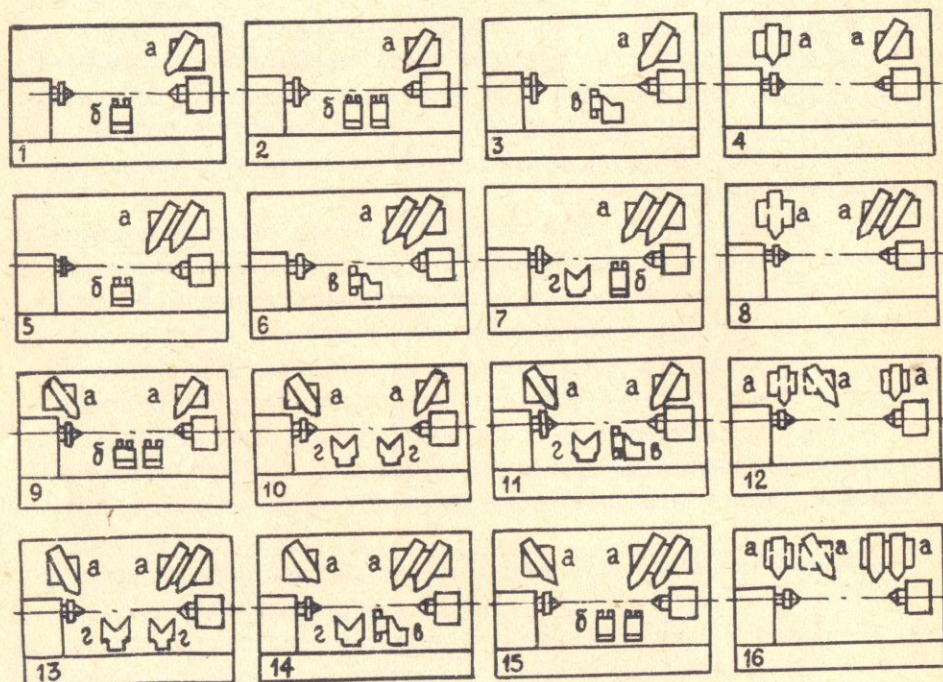


Рис.18. Многовариантность компоновочных исполнений гидро-копировального полуавтомата: а) суппорт гидрокопировальный; б) суппорт поперечный; в) суппорт крестовый с револьверной головкой; г) люнет.

Наиболее часто в условиях производства реализуется схема рис.18, по варианту 1). отличие от данной схемы другие характеризуются увеличением концентрации процесса обработки на полуавтомате.

Схемы многовариантного компоновочного исполнения токарно-гидрокопировальных полуавтоматов обеспечивают решение различных производственных задач обработки валов и применение при различной степени дифференциации и концентрации процесса обработки. Характер их применения может быть проанализирован на примере компоновок полуавтоматов (рис.19...23).

При компоновочном исполнении (рис.19) полуавтомат позволяет обрабатывать детали с применением большого количества режущего инструмента. На станок можно устанавливать до шести суппортов, выполняющих различные операции. При необходимости используется многопроходная система копирования. Допускается установка поворотной резцовой головки для чернового и чистового точения. Суппорты на вертикальных и горизонтальных направляющих работают на прижим, остальные — на отрыв.

Полуавтомат (рис.20) предназначен для обработки деталей средней сложности. Обеспечивается свободный отвод стружки под зоной обработки, что является главным достоинством данной компоновки. На станке может устанавливаться многопроходная система копирования и поворотная резцовая головка. Копировальные суппорты работают на прижим, а подрезные — на отрыв. Возможность регулировки нижнего поперечного суппорта усложняется. Менее жестким является узел задней бабки. Данная система может представлять интерес для компоновок линий с транспортом центрального, сквозного исполнения.

Полуавтомат (рис.21) предназначен для обработки деталей средней сложности и имеет те же технологические возможности, что и полуавтомат (рис.20). Копировальные суппорты работают на прижим, а подрезные — на отрыв. Недостатком является затрудненные условия отвода стружки из зоны обработки, что усложняет условия обслуживания полуавтомата в процессе эксплуатации в составе автоматической линии. Данное компоновочное исполнение полуавтомата является развитием общепринятой схемы компоновок токарных станков, где дополнительно устанавливаются суппорты для многоинструментальной обработки.

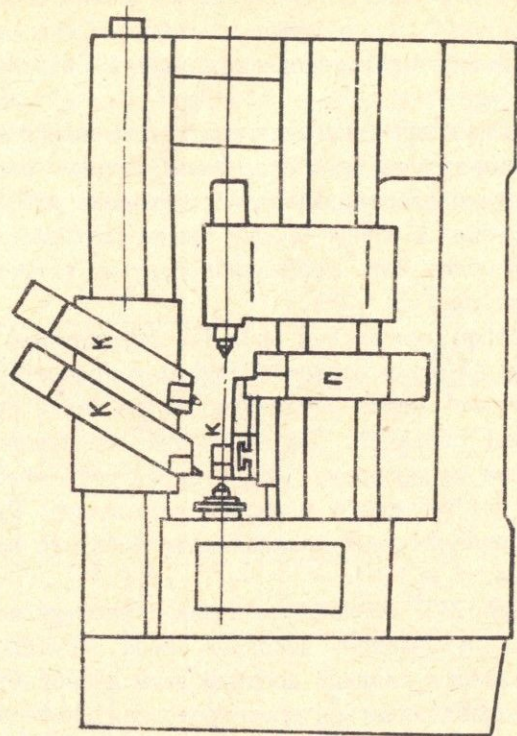
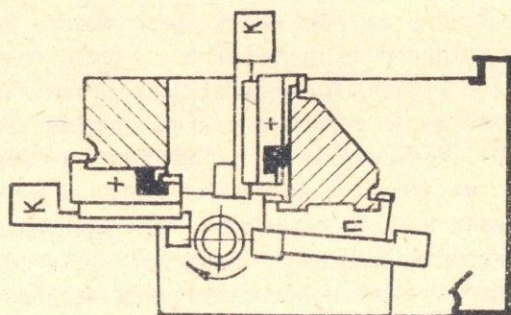


Рис. 19



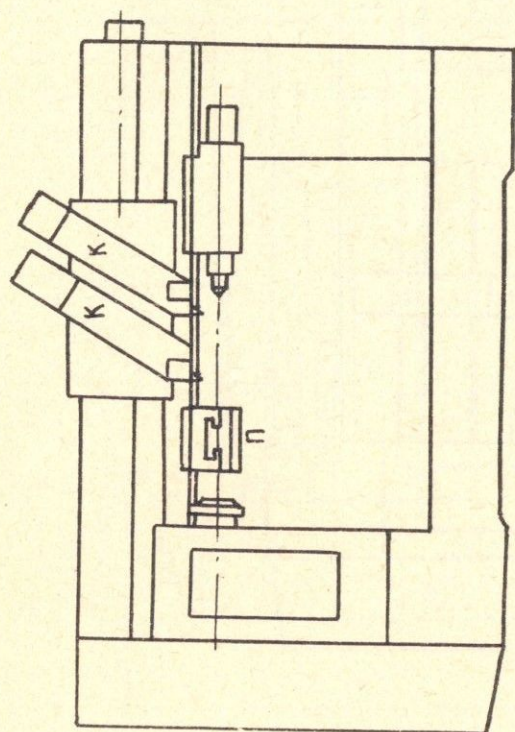
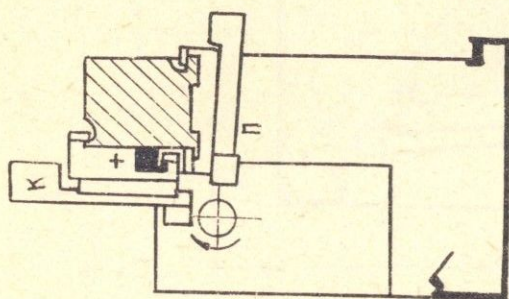


Рис.20



7-1529

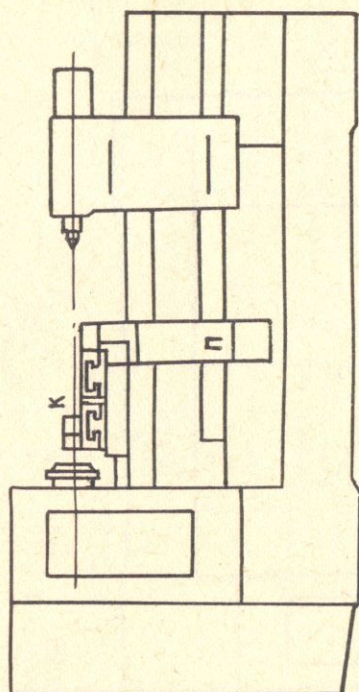
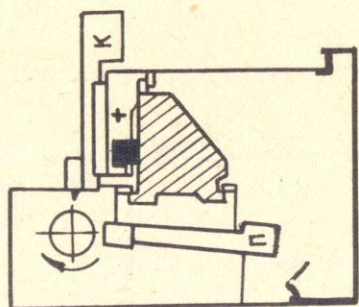


Рис. 21



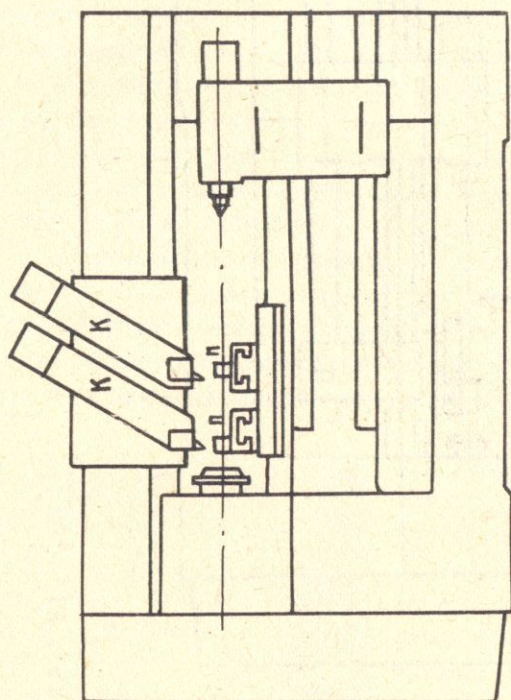
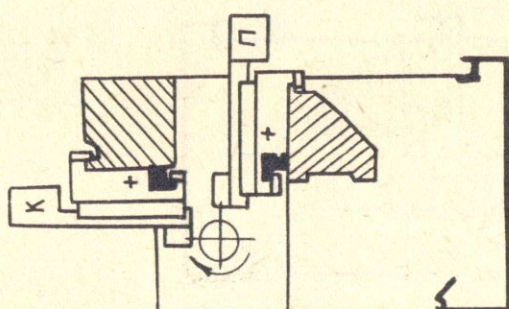


Рис. 22



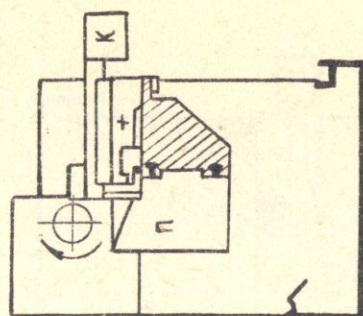
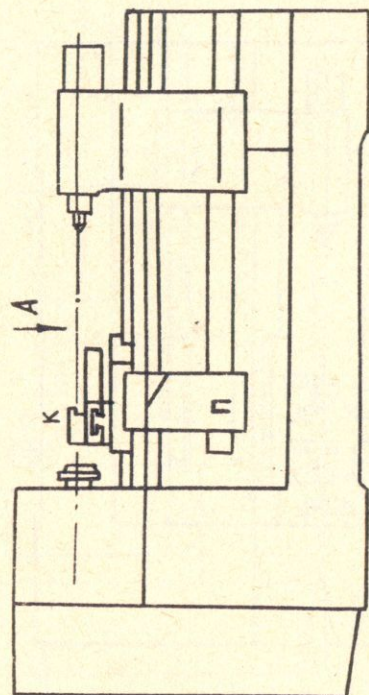
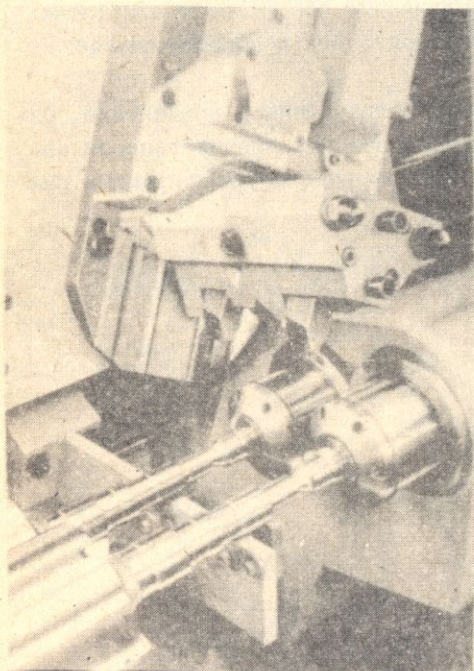


Рис. 23

Полуавтомат (рис.22) предназначен для обработки сложных деталей. Достоинством данного полуавтомата является то, что все суппорты как на верхних направляющих станины, так и на нижних работают в процессе обработки на прижим. Вариант (рис.22) является сочетанием компоновочных исполнений токарно-гидрокопировального полуавтомата с вертикально расположенной группой гидрокопировальных суппортов и гидрофицированного токарного станка-полуавтомата.

Полуавтомат (рис.23) предназначен для обработки средней сложности и простых деталей. Полная длина обработки деталей осуществляется только одним суппортом. При установке второго суппорта появляется ограничение хода перемещения суппорта. Подрезной суппорт предназначен только для легких работ: снятия фасок, обработки канавок для подготовки выхода шлифовального круга и т.д. Полуавтомат является развитием гидрофицированного токарного станка-полуавтомата с установкой дополнительного поперечного суппорта.



Для обработки простых деталей полуавтоматы необходимо оснащать меньшим количеством суппортов. Для операций обработки используют различные суппорты при различных компоновочных исполнениях. На рис.19...23 обозначено: к-копировальный или крестовый суппорт, п-поперечный суппорт. В случае применения следящей системы двухкоординатного копирования на токарно-гидрокопировальных полуавтоматах дополнительно осуществляется обработка поверхностей детали под углом 90° , встречных и сходящихся выступов и углублений, внутренних выточек и поверхностей.

Помимо одношпиндельных гидрокопировальных полуавтоматов находят применение двухшпиндельные, на которых осуществляется обработка одновременно двух валов (рис.24).

Рис.24. Рабочая зона обработки двухшпиндельного полуавтомата фирмы *Fischer*

8-1529

В полуавтомате (рис.24) шпиндели расположены параллельно на шпиндельной бабке. Детали поджимаются двумя вращающимися центрами со стороны задней бабки. Снизу под деталями расположен люнет. На гидрокопировальном суппорте имеются два параллельно закрепленных инструмента для наружной обточки валов по копиру. Для автоматизации смены деталей требуется применять автооператор для разгрузки одновременно двух деталей, загрузки двух заготовок.

Разнообразие компоновочных исполнений полуавтоматов с двухместной обработкой может быть дополнено полуавтоматами (рис.25,26). Полуавтомат (рис.25) содержит две шпиндельные бабки, разнесенные по обе стороны станка. Суппортная группа осуществляет одновременную обработку двух соосно расположенных деталей. Полуавтомат не обеспечивает поджатия деталей вращающимися центрами, задние бабки отсутствуют.

У полуавтомата (рис.26) шпиндельная бабка выполнена с двухсторонним закреплением и соосным расположением в патронах деталей. Суппортные группы размещены вертикально по обе стороны относительно центрально расположенной шпиндельной бабки и обрабатываемых деталей.

Полуавтоматы (рис.24,25,26) имеют ограниченное применение, однако их использование допускает увеличение производительности автоматической линии и уменьшение числа станков на лимитирующих рабочих позициях.

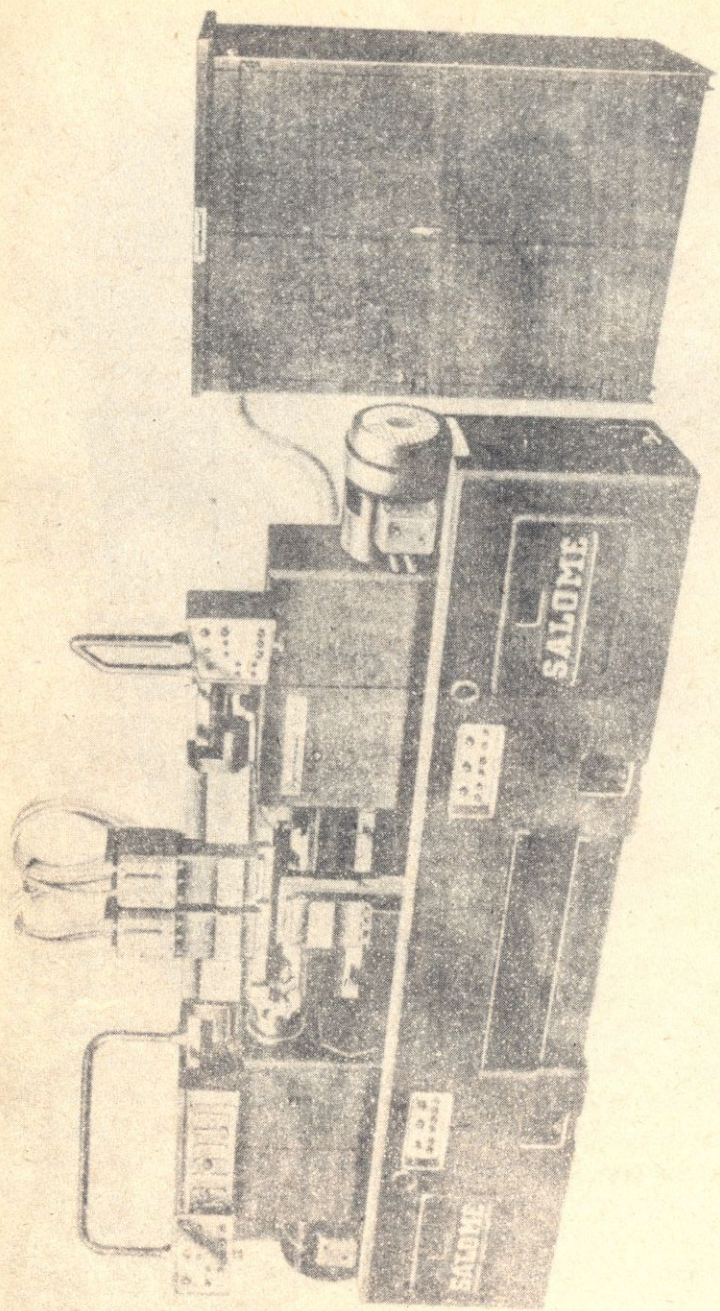


Рис. 25

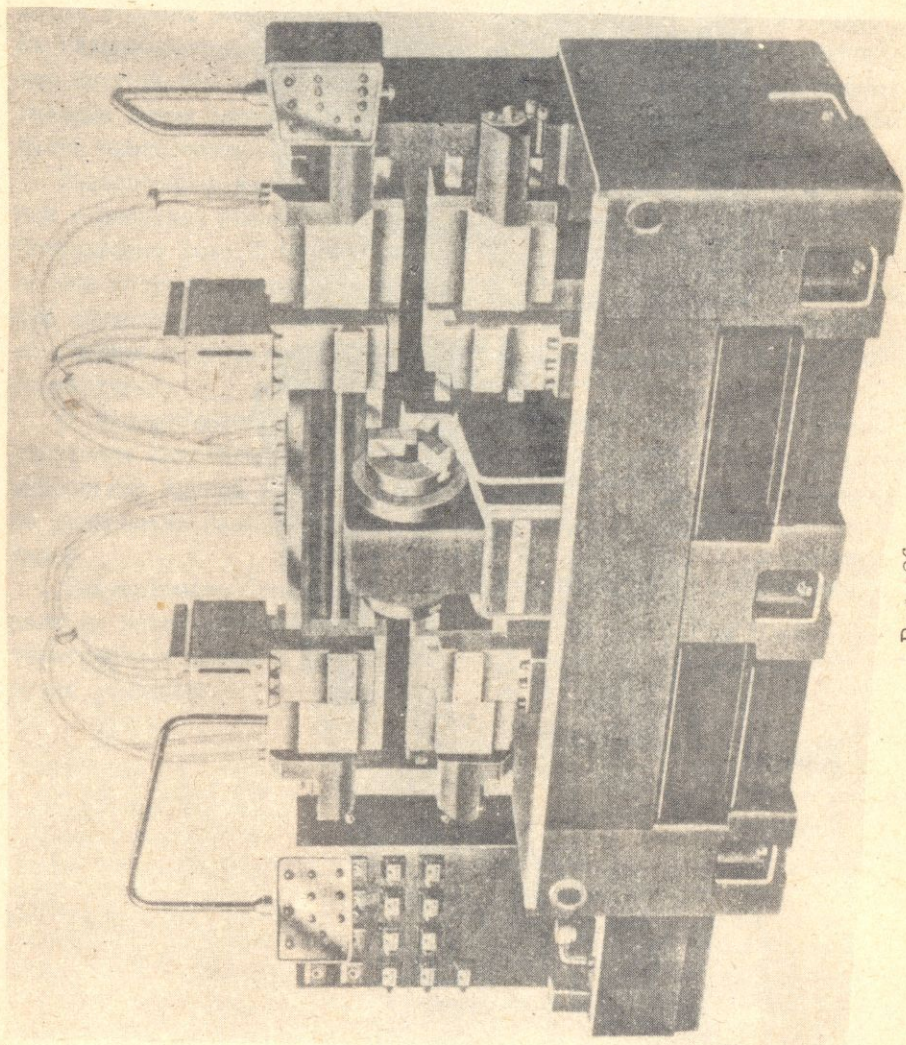


Рис. 26

МНОГОВАРИАНТНОСТЬ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВАЛОВ

Транспортно-загрузочные устройства являются частью многоуровневой системы технологического оборудования. Они значительным образом влияют на формирование структуры автоматической линии, ее выходных технико-эксплуатационных показателей.

Транспортные устройства автоматических линий предназначены для выполнения функций автоматического межпозиционного перемещения деталей, разделения и объединения потоков (ветвящиеся транспортные связи), межпозиционного накопления (резервирования) – для гибких связей. Межпозиционное автоматическое транспортное устройство обеспечивает направленное перемещение обрабатываемой детали от загрузочной позиции одного станка до загрузочной другого. Транспортные устройства включают загрузочно-разгрузочные устройства, кантователи, подъемники, накопители, подводящие и отводящие дополнительные системы транспортирования к различным производственным участкам (для складирования, автоматического контроля, на переделку и восстановление бракованных изделий и т.д.). В целом они определяют автоматическую систему загрузки и транспортирования. Можно выделить различные уровни транспортных систем: транспортно-загрузочные устройства полуавтоматов; межпозиционные транспортные устройства между полуавтоматами; подводящий и отводящий транспорт.

Компоновочное расположение транспортных систем относительно станочного оборудования может быть нижним, боковым, верхним, центральным (сквозным). По месту расположения и характеру межпозиционного транспортирования способы транспортирования деталей делятся на сквозные и несквозные. При сквозном способе транспортная система, располагаясь между позициями, проходит через рабочую зону обработки изделий на станке. При несквозном способе транспортирования система выносится за пределы рабочей зоны обработки.

По типу носителя изделий существуют спутниковые (палетные) и беспутниковые транспортные системы, а по характеру перемещения изделия – с принудительным перемещением и самотечные (гравитационные). Спутниковые транспортные системы для обработки валов применяются при обработке высокоточных деталей, деталей, сложных по конструкции, нежестких, когда дополнительное кантование деталей между позициями не допускается. Примером самотечной спутнико-

вой системы может служить система транспортирования ступенчатых валов фирмы *Liebherr* (рис.27, 28).

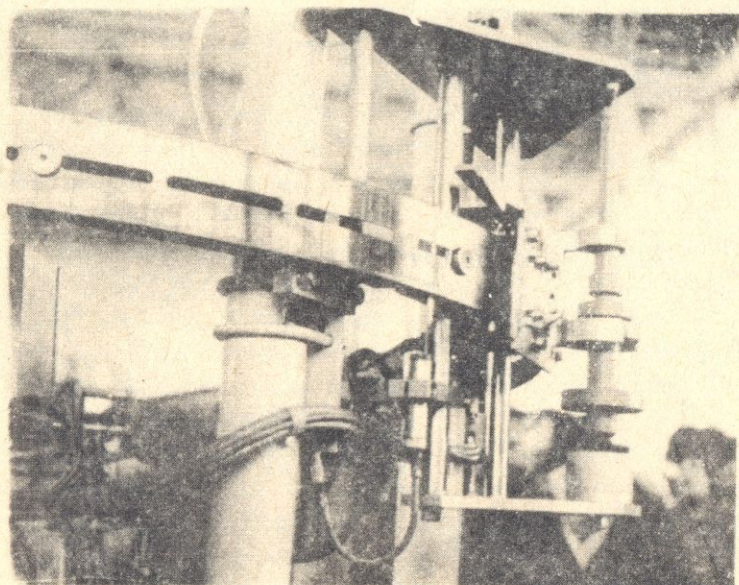


Рис. 27

Обрабатываемая деталь – блок шестерен установлена в вертикальном положении на транспортном носителе-спутнике. Корпус спутника выполнен в виде вертикально расположенной пластины с роликами, на которой в гнездах размещена транспортируемая деталь. Гнезда являются захватами открытого типа. Спутники вместе с деталями само-теком перемещаются на роликах по пластинчатым направляющим наклонных лотков. Для обеспечения подъема спутника и смены транспортных лотков применяются вертикальные подъемники спутников. На рис.27 показано встроенное устройство освобождения спутника от детали для целей контроля детали. Нижний упор, выполненный в виде круглой пяты, с помощью привода поднимает блок шестерен над гнездами спутника.

Транспортные наклонные лотки могут быть использованы в качестве межпозиционного накопителя спутников с деталями (рис.28). Наклонный лоток является проходным транспортом-накопителем.

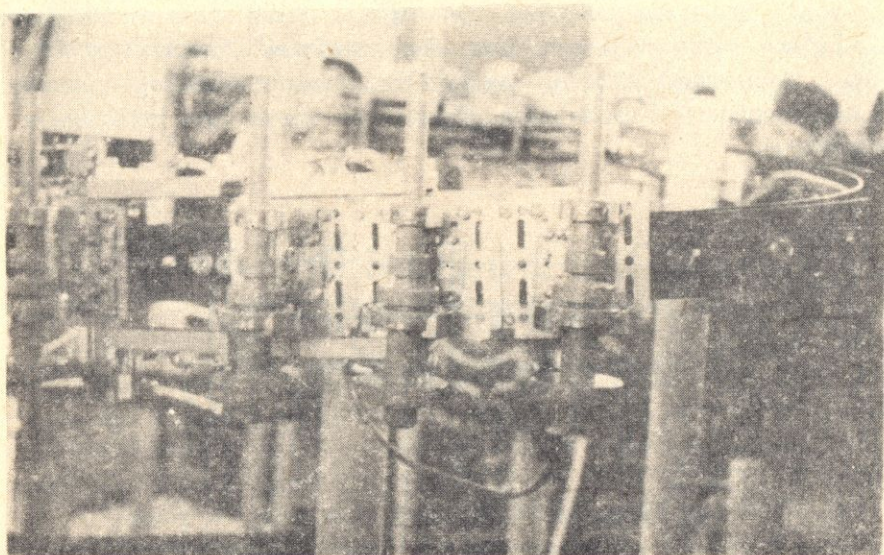


Рис. 28

По характеру ветвления существуют ветвящаяся и неветвящаяся системы транспортирования, по исполнению – автооператорная, шаговая, цепная и другие. Из числа типовых транспортных систем с принудительным перемещением деталей наибольшее применение находят автооператорные с транспортом шагового типа с жесткой или гибкой связью и проходные транспортеры-накопители с гибкой связью. По типу связи транспортные системы автоматических линий могут быть с жесткой связью или гибкой.

Связь, функциями которой являются межпозиционное транспортирование и межпозиционное накопление изделий, есть гибкая транспортная связь. Необходимость межпозиционного накопления изделий возникает из-за простоев оборудования на одной или нескольких позициях с целью поддержания работоспособности автоматической линии. В случае необходимости осуществляется межпозиционное накопление изделий на автоматической линии для иных производственных целей (межпозиционное складирование, лабораторные исследования изделий, промежуточные испытания и другие). Связь, обладающая функциями только межпозиционного транспортирования деталей, является жесткой транспортной связью. Каждый станок в линии может простаивать

не только из-за собственных причин, но и вследствие межпозиционного воздействия или наложения простоев соседних станков или участков. Гибкая связь сокращает эти межпозиционные воздействия. Степень компенсации простоев зависит от емкости и месторасположения межпозиционных накопителей. Накопители могут быть проходными и тупиковыми.

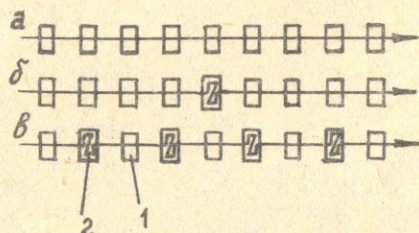


Рис.29. Схемы автоматических линий с различными типами связей: а) жесткой; б) межучастковой гибкой; в) межпозиционной гибкой; 1-станки; 2-накопители

Достоинством транспортных систем с жесткой связью по отношению к системам с гибкой связью является простота конструктивного исполнения, меньшая стоимость и затраты на обслуживание и ремонт. В то же время отсутствие компенсации времени простоя оборудования соседних позиций значительным образом снижает коэффициент использования автоматической линии, уменьшает экономическую целесообразность применения транспорта с жесткой связью.

Схема автоматической линии – с применением транспортной системы с гибкой связью показана на рис.30. Подводящий и отводящий проходные транспортеры-накопители с гибкой связью обеспечивают принудительное межпозиционное перемещение и накопление деталей. Автоматический оператор портального исполнения осуществляет транспортировку деталей для загрузки на полуавтомат и их разгрузку. Показанная на рис.30 схема участка автоматической линии состоит из двух параллельных потоков оборудования.

Вдоль трассы параллельно установленным полуавтоматам 5 расположены сбоку станков два потока (или ветви) межпозиционного транспорта. По одной ветви подаются к станку детали для обработки, а

обработанные детали разгружаются на другую ветвь транспорта для передачи деталей к полуавтомату последующей рабочей позиции автоматической линии. Между полуавтоматом и транспортными ветвями детали перемещаются с помощью автооператора 2 портального исполнения.

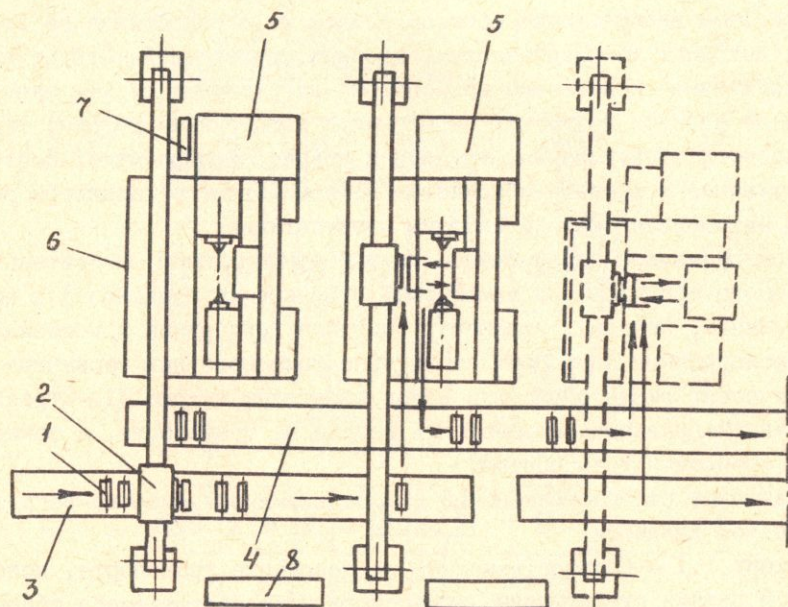


Рис.30. Схема участка автоматической линии с проходными транспортерами-накопителями и автооператорами портального исполнения: 1-заготовка; 2-автооператор загрузки и разгрузки обрабатываемых деталей; 3-подводящий транспортер-накопитель для полуавтоматов 5; 4-отводящий транспортер-накопитель; 5-токарный гидрокопировальный полуавтомат; 6-ограждение; 7-наладочный пульт управления полуавтоматом; 8-гидростанция питания транспортно-загрузочной системы

Существует значительное разнообразие типов транспортно-загрузочных систем для автоматических линий обработки валов, вариантность типов автоматических операторов, различные схемы их компоновок. Наличие разнообразия транспортно-загрузочных систем выявляет дополнительную область вариантности структурно-компоновочных исполнений автоматических линий.

При создании автоматической линии выбор транспортно-загрузочной системы значительным образом влияет на формирование ее структуры, выходных технико-эксплуатационных показателей. Структура, конструктивное исполнение транспортно-загрузочных систем зависит также от методов получения заготовки и конструкции детали; технологического оборудования, методов и процессов обработки; системы обслуживания и ремонта оборудования; комплексного характера развития автоматизированной системы оборудования.

Компоновочное расположение транспортных систем относительно станочного оборудования может быть сквозное (центральное) и выносное (нижнее, боковое, верхнее). Наиболее применимые в условиях производственной практики структурно-компоновочные варианты автоматических линий обработки валов приведены на рис.31. Стрелками показано направление перемещения детали на транспорте, а также между станком и транспортом.

Наиболее распространенными компоновками транспортно-загрузочных систем являются:

вариант 1.1 - боковое выносное расположение транспорта, положение оси детали относительно транспорта и обрабатываемого оборудования ориентировано по оси X;

вариант 5.1 - боковое выносное расположение транспорта, положение оси детали относительно транспорта и обрабатываемого оборудования ориентировано по оси Z ;

вариант 5.2 - центральное расположение транспорта, положение оси детали относительно транспорта и обрабатываемого оборудования ориентировано по оси Z .

По числу движений и сложности траектории перемещения исполнительных узлов (рис.31, схема 5.2) вариант сквозного транспортирования является наиболее простым по сравнению с остальными. Чаще всего применяются транспортно-загрузочные системы вариантов 1.1; 5.1; 5.2. Более сложными в конструктивном исполнении являются системы вариантов 4.1; 6.1; 3.1.

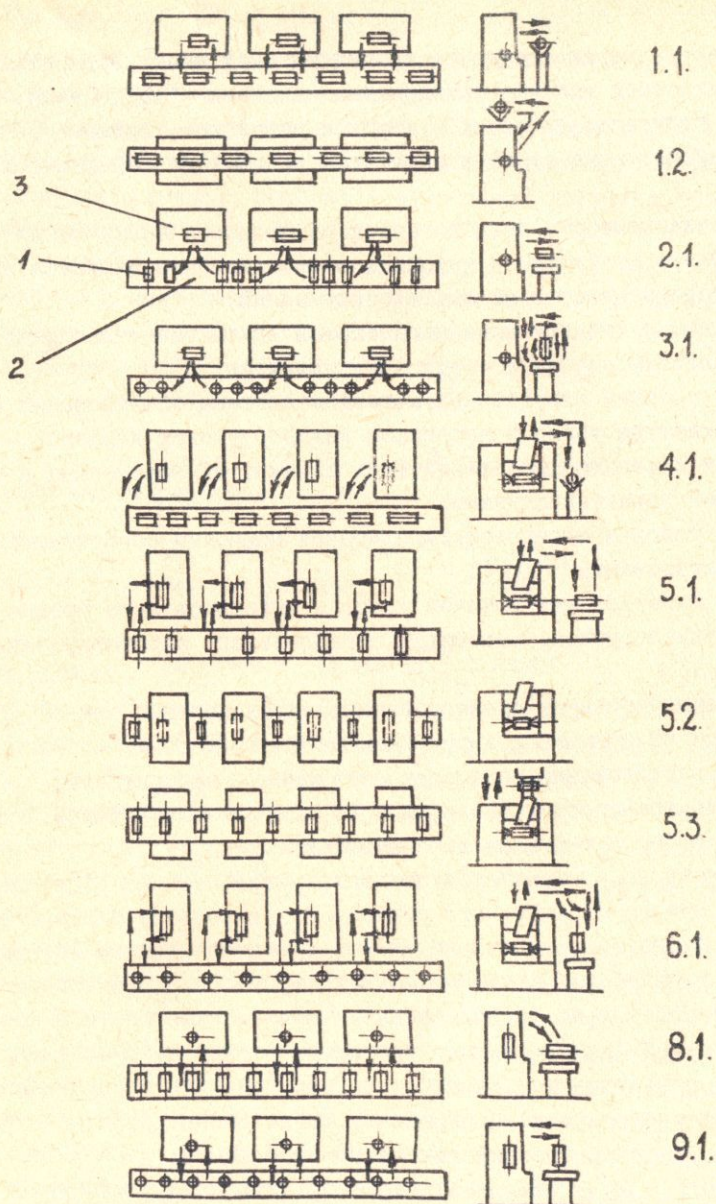


Рис.31. Многовариантность транспортно-загрузочных систем автоматических линий обработки валов: 1-деталь; 2-межпозиционный транспорт; 3-станок-полуавтомат

МНГОВАРИАНТНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ОБРАБОТКИ ВАЛОВ

Многоуровневая структура автоматической линии обработки валов рассматривается как многопозиционная система оборудования, состоящая из полуавтоматических станков и установок, скомпонованная из функционирующих узлов и агрегатов различного иерархического уровня.

Многовариантность технологического процесса обработки деталей и многообразие структуры и компоновки оборудования являются причиной многовариантности автоматических линий.

Основными структурными параметрами автоматических линий как многоуровневых систем оборудования являются:

- 1) число уровней структурной иерархии системы оборудования - N_e ;
- 2) номенклатура узлов и агрегатов каждого уровня иерархии - n_e .
Узлы и агрегаты характеризуются типами, типоразмерами и техническими характеристиками;
- 3) число узлов и агрегатов i -го уровня иерархии последовательного агрегатирования - q_{ei} ;
- 4) число параллельных потоков узлов и агрегатов i -го уровня иерархии, (число узлов, агрегатов параллельного агрегатирования) -- p_{ei} ;
- 5) тип межпозиционных (межагрегатных) транспортных связей (гибкие при наличии магазинов - накопителей, жесткие - без них), место расположения и емкость магазинов - накопителей;
- 6) наличие транспортных носителей обрабатываемых деталей (спутниковые и беспутниковые автоматические линии).

Параметр q_{ei} характеризует число узлов, единиц оборудования или иных единиц структурного образования в составе системы оборудования одного i -го уровня иерархии, функционирование которых определено выполнением технологического процесса и взаимозависимо. Так, последовательно расположенные станки-полуавтоматы в составе автоматической линии, функционирование которых взаимосвязано, осуществляют различные технологические переходы или операции при выполнении технологического процесса. Число данных станков определяет число рабочих позиций автоматической линии.

Параметр p_{ei} показывает характер ветвления componeмых узлов и агрегатов в составе системы оборудования. В отличие от параметра q_{ei} параметр p_{ei} характеризует число параллельных потоков узлов, единиц оборудования или иных единиц структурного об-

разования одного i -го уровня иерархии, объединенных транспортными и технологическими потоками, функционирование которых не взаимосвязано и осуществляется независимо.

Примем для автоматических линий: число позиций в линии - q ; число участков линии, разделенных межузловыми накопителями, - n_y ; число параллельных потоков (ветвящихся) позиций, участков автоматических линий - P_p, P_y, P_{al} .

Структурные параметры влияют на формирование маршрута обработки, структуры и компоновки автоматической линии. Оценку минимального и максимального числа рабочих позиций q_p производят после нахождения пределов изменения структурных параметров.

Для числа позиций автоматических линий

$$q_{p \min} \leq q_{p \text{ опт}} \leq q_{p \max};$$

для количества участков

$$n_{y \min} \leq n_{y \text{ опт}} \leq n_{y \max};$$

для числа параллельных потоков

$$P_{s \min} \leq P_{s \text{ опт}} \leq P_{s \max},$$

где $S = p, y, al$.

Если рассматривается автоматическая линия для токарной обработки детали с операциями подрезки торцев, центrovания, наружной обточки, то $q_{p \min}$ определяется как минимальное число рабочих позиций оборудования в линии, допускающее максимальную концентрацию обработки, $q_{p \max}$ - характеризует максимальную дифференциацию полного технологического процесса обработки по позициям автоматической линии.

Для обработки детали (рис.2) потребуется автоматическая линия, которая имеет $q_{p \min} = 2$. Это потребует установки на первой позиции фрезерно-центровального или центровально-подрезного полуавтомата; на второй позиции - токарного гидрокopировального полуавтомата; $q_{p \max}$ будет определена максимальной дифференциацией процесса: $2 \leq q_{p \text{ опт}} \leq 22$. Пределы изменения значений для числа участков n_y : $n_{y \min} = 1$ для автоматической линии с жесткой связью и $n_{y \max} = q$ для линии с гибкой связью. Наибольшее распространение в производстве деталей тел вращения нашли автоматические линии с $n_y = n_{y \min} = 1$ (с жесткой связью) и $n_y = n_{y \max} = q$ с гибкой связью при наличии накопителей

проходного типа между позициями автоматической линии. Минимальное число потоков $P_{s.min} = 1$; $P_{s.max}$ определяется при анализе производительности автоматической линии. Учитывается вариантность структурно-компоновочного построения автоматической линии не только по участкам и позициям, но и внутри каждой позиции.

Структуру и компоновку автоматической линии и оборудования ее рабочих позиций будут определять структура и компоновка станков-полуавтоматов, средств автоматизации транспортирования и загрузки, входящих в состав линии.

Одним из основных вариационных компоновочных признаков автоматических линий является относительное расположение обрабатываемого изделия 1, транспортно-загрузочной системы 2, обрабатывающего оборудования 3, определяемых взаимным пространственным расположением изделия в процессе транспортирования и обработки относительно межпозиционного транспорта и станков-полуавтоматов (рис.32).

Если компоновочное расположение транспортных систем относительно станочного оборудования (взаимное компоновочное расположение трассы транспортера и полуавтомата) может иметь четыре варианта - сквозное (центральное) и выносное (нижнее, боковое, верхнее), а компоновочных решений "деталь - транспортная система - обрабатывающее оборудование" девять вариантов (рис.32), то всего может быть 36 вариантов компоновочных решений, охватывающих практически все возможные сочетания компоновочных исполнений автоматических линий. Представленные схемы (рис.32) распространяются на автоматические линии с различными значениями структурных и компоновочных параметров (q_{ei} , P_{ei} и другие). Одиннадцать из вариантов, наиболее применимых в условиях эксплуатации, приведены на рис.31.

Для варианта I компоновки линии (рис.32) и соответствующего ей варианта I.I транспортно-загрузочной системы (рис.31) возможная компоновка может быть рассмотрена на примере одноучастковой автоматической линии (рис.33) ($q_n = 5$, $n_y = 1$).

В начале автоматической линии заготовка автоматически подается с магазина-накопителя 4 на межпозиционный транспорт 5 с шаговым перемещением и направляется на первую позицию обработки. В зоне загрузки заготовка с помощью автооператора 7 (устройств автоматической загрузки и разгрузки деталей) подается в рабочую зону полуавтомата подрезки торцев и центрования I на место предварительно обработанной и снятой детали.

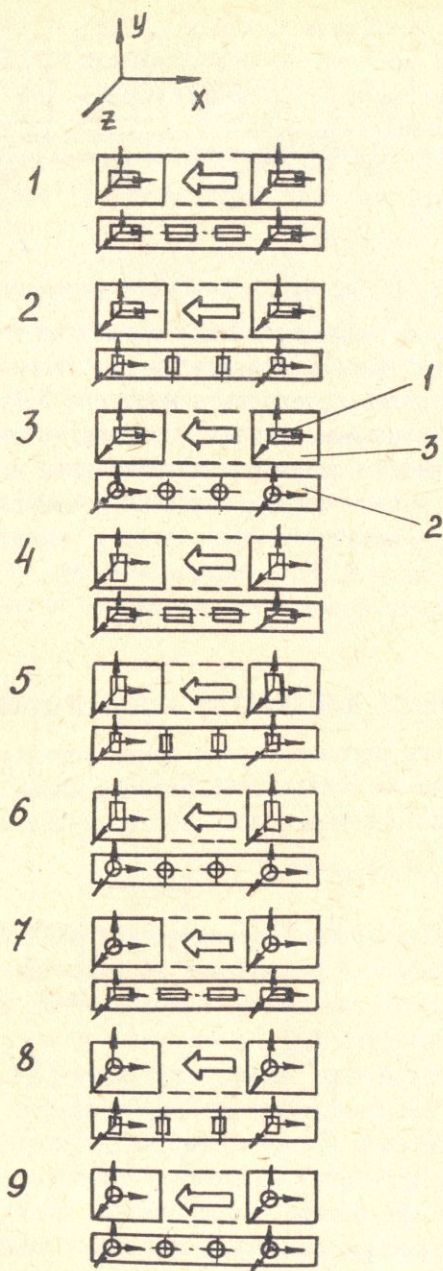


Рис.32. Многовариантность пространственного расположения в процессе транспортирования и обработки

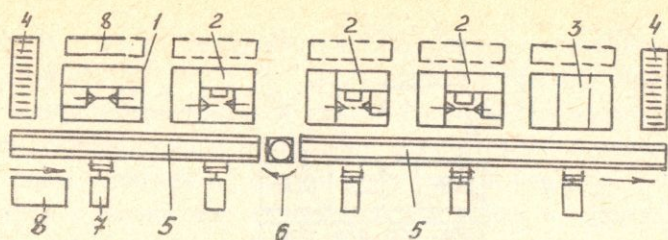


Рис.33. Схема компоновки автоматической линии модели ЛКМВ

Пройдя последовательно рабочие позиции обработки торцов 1, трех позиций токарной обработки 2, позиции других видов обработки, например обработки отверстий на агрегатном станке 3, в конце автоматической линии обрабатываемая деталь поступает в магазин-накопитель 4. При необходимости смены пространственной ориентации детали — переориентации детали между позициями устанавливается кантователь 6. Позиции 8 — электрошкафы, система управления.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Время цикла работы автоматической линии определяется временем лимитирующей операции на i -й рабочей позиции линии плюс несовмещенным временем межпозиционного транспортирования и загрузки

$$t'_{ц} = (t_{pi} + t_{xi}) + t_{тр.н},$$

где $t_{ц}$ — время цикла работы автоматической линии; t_{pi} — время рабочих ходов (перемещений механизмов оборудования) на i -й позиции; t_{xi} — время холостых ходов, несовмещенных со временем рабочих ходов на i -й позиции; $t_{тр.н}$ — несовмещенное с t_{pi} и t_{xi} время транспортно-загрузочных перемещений, где $i = 1, q$.

Индекс ' указывает на принадлежность значения показателя к лимитирующей операции. Затраты времени отнесены к обработке единицы изделия. Время цикла обработки на рабочих позициях автоматической линии, как и внецикловые потери оборудования, будут неодинаковы.

Рассматривая автоматическую линию как многопозиционную систему оборудования, необходимо обеспечить эффективную загрузку полу-

автомата на каждой позиции линии. При стремлении к равномерной дифференциации времени выполнения операции по позициям осуществляется процесс выравнивания времени обработки и загрузки оборудования.

Приближение к условиям равномерной дифференциации достигается решением задачи балансирования, или выравнивания, ресурса времени затрат (как цикловых, так и внецикловых) по рабочим позициям оборудования автоматической линии. При этом учитываются ограничения на производительность и иные технико-эксплуатационные параметры линии. Необходимо при построении технологических процессов выравнивать время обработки и время внецикловых потерь, т.е. стремиться к дифференциации общего времени обработки детали по позициям по заранее установленному закону распределения. Это достигается выбором рационального структурно-компоновочного исполнения автоматической линии, структуры операций, режимов обработки, дополнительным вводом межпозиционных накопителей.

Распределение времени выполняемого технологического процесса по рабочим позициям рассмотрим на примере гистограммы (рис.34).

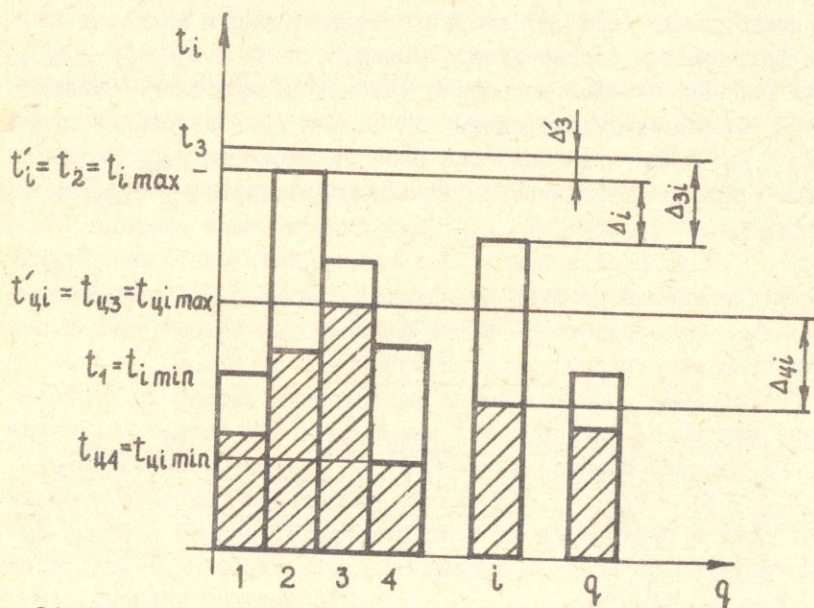


Рис.34. Гистограмма распределения времени технологического процесса обработки по рабочим позициям автоматической линии

По оси абсцисс отложены номера рабочих позиций автоматической линии, состоящей из числа q позиций, по оси ординат — параметр t_i показывает значения времени фактических затрат, необходимых для обработки одной детали на i -й рабочей позиции,

$t_i = t_{\text{ци}} + t_{\text{ни}}$, где $t_{\text{ци}}$ — время цикла обработки детали на i -й позиции (время цикловых затрат), $t_{\text{ни}}$ — внецикловые затраты, приведенные к циклу обработки одной детали на i -й позиции.

Пусть на второй позиции ($q = 2$) время затрат t_i будет наибольшим (лимитирующим) по отношению к другим рабочим позициям линии, т.е. $t_i = t_2$. Фактическая производительность линии

$Q = \frac{1}{t_i}$. Производительность Q автоматической линии не должна быть ниже заданной условиями производства, т.е.

$$Q_3 = \frac{1}{t_3}, \text{ а } t_i \leq t_3,$$

где Q_3 — требуемая производительность, заданная условиями производства (техническим заданием); t_3 — заданное время фактических затрат (время фактических затрат, заданное техническим заданием или техническими условиями).

По гистограмме (рис.34) вторая рабочая позиция является по времени фактических затрат лимитирующей, т.е. $t'_i = t_2 = t_{i \max}$.

Из числа рабочих позиций в составе автоматической линии найдется позиция с минимальным значением t_i . Для первой позиции линии

$t_1 = t_{i \min}$. Для некоторой i -й позиции параметр Δ_{Bi} является резервным временем выравнивания (балансирования) времени фактических затрат: $\Delta_{Bi} = t_3 - t_i, \Delta_{3i} \geq 0$. Для лимитирующей позиции

$\Delta_{3i} = \Delta'_3$. При достижении наибольшей эффективности эксплуатации линии для каждой рабочей позиции $\Delta_{3i} \rightarrow \min$. На гистограмме $\Delta_i = t'_i - t_i$ есть резервное время фактических затрат на i -й позиции по отношению к лимитирующей позиции.

На гистограмме помимо времени фактических затрат t_i указано в виде заштрихованной области время цикловых затрат $t_{\text{ци}}$ для каждой i -й рабочей позиции ($i = \overline{1, q}$), а время внецикловых затрат $t_{\text{ни}} = t_i - t_{\text{ци}}$. Как видим, наибольшее значение времени цикловых затрат приходится на третью позицию, данная позиция будет лимитирующей по времени цикловых затрат (времени цикла обработки), т.е. $t_{\text{ци}} = t_{\text{ци}3} = t_{\text{ци} \max}$, в отличие от второй позиции, лимитирующей по времени фактических затрат, когда $t'_i = t_2 = t_{i \max}$.

Наименьшее значение времени цикловых затрат будет иметь четвертая позиция $t_{44} = t_{4i} \min$. Разность значений между временем цикловых затрат на лимитирующей позиции t'_{4i} и временем цикловых затрат на какой-либо иной i -й позиции t_{4i} автоматической линии является параметром Δ_{4i} - временем ожидания цикла на i -й позиции: $\Delta_{4i} = t'_{4i} - t_{4i}$.

Условием наибольшего выравнивания времени фактических затрат всего процесса обработки по рабочим позициям автоматической линии является экстремум функции $F = t_3 - m_i \rightarrow \min$, где m_i - математическое ожидание значения t_i ;

$m_i = \sum_{i=1}^q \frac{t_i}{q}$; q - число рабочих позиций автоматической линии при наложении ограничений $Q \geq Q_3, t_1 \leq t_3$. Параметр t_3 является постоянным или заданным, m_i - переменным. В условиях эксплуатации автоматической линии основным фактором, влияющим на изменение m_i , является управление режимами обработки, их занижение или ужесточение дифференцированно с анализом по каждой группе инструмент - суппорт, по каждой позиции оборудования линии.

При подготовке технологического процесса, выборе структуры операций и режимов обычно стремятся, чтобы на предшествующей позиции автоматической линии цикловая производительность была несколько выше, чем на последующей при условии имеющейся неравномерной дифференциации времени обработки изделия по позициям. В этом случае лимитирующей по времени будет операция на последней позиции автоматической линии.

Цикловая производительность автоматической линии, характеризующая количество изготавливаемых деталей в час,

$$Q_4 = \frac{3600}{t'_{4i}} = \frac{3600}{(t_{pi} + t_{xi})' + t_{гр.н}}$$

В реальных условиях имеются внецикловые затраты, наблюдаются простои оборудования по техническим и организационным причинам, из-за технического обслуживания. В результате фактическая производительность автоматической линии, шт/час

$$Q = \frac{3600}{t'_{4i} + \sum_{i=1}^q t_{ni}} = Q_4 \eta_{исп},$$

где $\sum_{i=1}^q t_{ni}$ - суммарное время внецикловых затрат оборудования автоматической линии, состоящей из q позиций (простои, приходящиеся на единицу продукции);

$\eta_{исп}$ - коэффициент использования оборудования. Причем

$$\eta_{исп} = \frac{t'_{ci}}{t'_{ci} + \sum_{i=1}^q t_{ni}}$$

Фактическая производительность автоматической линии с учетом влияния структурных параметров, шт/час

$$Q = \frac{3600 \rho}{(t_{pi} + t_{xi})' + t_{гр.н} + \frac{\sum_{i=1}^q t_{ni}}{n_y} \cdot W},$$

где q , ρ , n_y - соответственно количество рабочих позиций в линии, параллельных потоков оборудования, участков, разделенных накопителями; W - коэффициент возрастания простоев лимитирующего участка из-за неполной компенсации потерь накопителями. Коэффициент возрастания простоев W и коэффициент межучасткового наложения потерь Δ описываются зависимостью

$$W = 1 + \Delta(n_y - 1).$$

Коэффициент межучасткового наложения потерь Δ показывает, какая часть внецикловых затрат одного участка автоматической линии переходит на другой: $\Delta = 1$ - для межпозиционного транспортирования с жесткой связью, $\Delta = 0$ - для линии с гибкой связью.

Расположение и емкость накопителя влияют на производительность оборудования, структуру и компоновку автоматической линии. Производительность в этом случае

$$Q = \frac{3600}{t'_{ci} \left\{ 1 + \frac{B_0}{n_y} [n_y - \gamma(n_y - 1)(1 - \Delta)] \right\}},$$

$$\text{где } B_0 = \frac{\sum_{i=1}^q t_{ni}}{t'_{ci}}$$

- суммарные внецикловые потери линии с жесткой связью, равные сумме потерь всех станков, механизмов и устройств автоматической линии, отне-

сенные ко времени циклов затрат лимитирующей позиции; γ - доля случайных, компенсируемых простоев линии. Если $\gamma = 1$, то простои носят случайный характер; если $\gamma = 0$, то после планово-предупредительного технического обслуживания в конце и начале смен автоматическая линия работает бесперебойно всю рабочую смену. Обычно $\gamma = 0,7 \dots 0,8$.

При сбалансированном времени циклов затрат (времени рабочего цикла)

$$\Delta = \frac{1}{1 + \frac{t_{\text{ц}} E}{2 \theta_{\text{ср}}}},$$

где $Q_{\text{ср}}$ - среднее время устранения неполадок на позиции; E - емкость накопителя (максимальное количество деталей, вмещаемых накопителем).

При наличии условий полного совмещения процессов обработки между рабочими позициями во времени достигается наибольшая цикловая производительность $Q_{\text{ц}}$. Расчеты фактической производительности линии Q дают оценку правильности выбранного состояния дифференциации и концентрации процесса обработки автоматической линии.

Оценочными характеристиками состояния и свойств оборудования узлов и механизмов автоматической линии в период эксплуатации являются показатели надежности.

Работоспособность автоматической линии есть состояние, при котором технологическая система оборудования способна выполнять заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

Возможны работоспособное и неработоспособное состояния оборудования. Событие, характеризующееся переходом технологической системы или ее компонентов из работоспособного состояния в неработоспособное вследствие возникающей неполадки, называется отказом.

Основными показателями работоспособности оборудования автоматической линии являются заданная точность обработки и шероховатость обработанной поверхности, фактическая производительность каждого станка и линии в целом.

Работоспособность как качественное состояние оборудования, рассматриваемое во времени, характеризует его надежность. Тогда

надежность автоматической линии есть свойство оборудования и узлов линии выполнять заданные функции в течение рассматриваемого времени эксплуатации, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах, установленных нормативно-технической документацией при существующей системе технического обслуживания и ремонта. Долговечность автоматической линии есть свойство оборудования и узлов линии сохранять работоспособность до предельного состояния при существующей системе обслуживания и ремонта. Критериями оценки надежности в период эксплуатации являются частные показатели: показатели безотказности, ремонтпригодности, долговечности; обобщенные показатели: коэффициент технического использования, коэффициент готовности и коэффициент эксплуатации, общий коэффициент использования.

Потери работоспособности автоматической линии, вызванные отказами оборудования и узлов, характеризуют несовершенство конструкции, технологического процесса, условий эксплуатации.

При эксплуатации автоматической линии возможны следующие виды потерь: а) по причине холостых ходов - цикловые; б) внецикловые - потери вследствие неработоспособности инструмента; по оборудованию - потери по причине неработоспособности механизмов и устройств технологического оборудования, транспортной системы и системы управления; по организационным причинам; из-за брака, когда оборудование при функционировании его узлов выдает продукцию, несоответствующую требованиям качества и техническим условиям; в связи с переналадкой. Потери на *9*-й позиции автоматической линии могут быть как собственными потерями оборудования на заданной позиции, так и наложенными со стороны соседних позиций и участков.

Отказы можно классифицировать :а) по характеру проявления - отказы функционирования, отказы по параметру; по характеру изменения во времени - внезапные и постепенные; по связи с другими отказами - независимые и зависимые; б) по характеру устранения - устойчивые и перемежающиеся; по последствиям - аварийные и неаварийные и т.д. На всех стадиях разработки оборудования, его изготовления и эксплуатации необходимо анализировать причины ожидаемых и фактических отказов [8].

Источником возникновения отказов могут быть система обслуживания, определяемая работой обслуживающего персонала; технологическая система, характеризующая работоспособность оборудования; система

обрабатываемых изделий, определяемая однородностью материала обрабатываемого изделия и качеством поверхностного слоя после термообработки, правильным выбором марки материала.

Отказы автоматических линий носят случайный характер при закономерно имеющихсх причинах и вероятность их появления может быть описана различными законами распределения. Так, экспоненциальное распределение является характерным для таких величин, как длительность бесперебойной работы линии, длительность устранения неполадок, параметров, которые определяют надежность автоматической линии. При экспоненциальном распределении плотность вероятности значений случайной величины описывается формулой

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x_i};$$

где x_i - i -е значение случайной величины; e - основание натурального логарифма; λ - интенсивность отказов.

Такие параметры, как размеры обрабатываемых деталей, стойкость инструмента, стабильность перемещения механизмов, будут случайными величинами, подчиняющимися нормальному распределению. Плотность вероятности значений случайной величины при нормальном распределении

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - m_x)^2}{2\sigma_x^2}},$$

где m_x - математическое ожидание случайной величины;

$$m_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$

σ_x - среднеквадратичное отклонение как мера рассеяния случайной величины:

$$\sigma_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2}{n-1}.$$

Здесь n - общее число наблюдений или измерений.

Оборудование, встраиваемое в автоматическую линию, должно обладать признаками конструктивного, технологического и эксплуатационного усовершенствования по сравнению с неавтоматизированным оборудованием. Оборудование, встраиваемое в автоматическую линию, требует комплексного решения вопросов смазки, температурной ста-

билизации узлов и инструмента, отвода и уборки стружки. В связи с этим применительно к автоматическим линиям получили развитие централизованные системы смазки, охлаждения инструмента и переработки охлаждающей жидкости, отвода и уборки стружки. Получают применение единые силовые гидросистемы питания оборудования автоматической линии.

Для обнаружения и устранения отказов осуществляется наблюдение за оборудованием линии, ведется фотография рабочего времени, хронометраж простоев, систематическое диагностирование состояния оборудования и узлов в процессе эксплуатации.

При фотографии рабочего времени фиксируются все затраты фонда времени: производительные – работа оборудования; непроизводительные – простои по техническим причинам, техническому эксплуатированию, организационным причинам, продолжительность устранения неполадок; определяется количество изделий, выпущенных в каждую смену, и продолжительность цикла работы линии. Наблюдение проводят в установившийся период автоматической линии. Длительность наблюдения обуславливается поставленными задачами и требованиями. Для определения эксплуатационной надежности и производительности автоматической линии в период стабильной эксплуатации наблюдения и фотография проводятся непрерывно в течение 12–18 смен. Данное количество смен, как правило, обеспечивает выравнивание среднестатистических значений параметров исследования (математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение). Метод оценки надежности и производительности автоматической линии в условиях эксплуатации в этом случае называется методом нарастающего итога [3]. В карте наблюдений отмечают время, причину каждого простоя, способы устранения неполадок, ту информацию, которая характеризует работоспособность линии в исследуемый период.

Результаты фактических наблюдений за работой автоматической линии и статистическая обработка позволяют характеризовать состояние работоспособности линии на данный период, резервы повышения производительности и точности обработки, характеризовать уровень системы обслуживания и эксплуатации оборудования. На основании наблюдений подготавливаются фактическая циклограмма работы оборудования, баланс затрат фонда рабочего времени, баланс производительности автоматической линии [8]. Анализ баланса производительности наглядно показывает потери оборудования линии по производительности и резервы ее повышения.

В условиях постоянной работы автоматической линии на выносных наладочных пультах управления станками и центральном пульте имеется световая (иногда и звуковая) сигнализация появления простоя оборудования и источника его возникновения. Имеются счетчики количества отработанных циклов работы линии.

При проведении фотографии работы оборудования хронометраж можно проводить вручную или с помощью автоматических приборов регистрации простоев и узлов оборудования линии. Последнее обеспечивает наибольшую достоверность информации и позволяет исследовать большое количество единиц оборудования.

Анализ эксплуатационной надежности и производительности автоматической линии с помощью хронометрирования выявляет как бы внешнюю сторону эксплуатационного состояния автоматической линии, ее эксплуатационную надежность и производительность. Анализ технического состояния сопровождается исследованиями технологической надежности в зависимости от эксплуатационной надежности через диагностирование оборудования, выявление состояния износа механизмов, узлов.

Теория исследования технологической надежности изучает изменение состояния узлов и деталей оборудования во времени в зависимости от воздействия и протекания различных процессов, прежде всего процессов износа в период эксплуатации, проникает в их физическую сущность и взаимосвязь появления, протекания и влияния на надежность оборудования в целом.

Диагностирование неотделимо от процессов исследования надежности и производительности. Этот процесс можно характеризовать как определение технического состояния объекта исследования для данного периода эксплуатации в связи с изменением или нарушением во времени технологических функций и физико-химических свойств этого объекта или его элементов. Диагностирование сопровождается выявлением причин воздействия протекающих процессов на техническое состояние объекта в период его эксплуатации; прогнозированием возможных последствий состояния оборудования; выбором путей и средств устранения вредных последствий.

Достоверность диагностирования оборудования во многом зависит от технического состояния приборов, точности и правильности замеров, возможности использования приборов в производственных условиях. В процессе эксплуатации оборудования, наладочных работ при

обслуживании возникает возможность осуществления основного объема диагностических операций по замерам, работе и техническому состоянию узлов оборудования, условиям работы. Основными объектами исследования являются наиболее нагруженные узлы, работающие в сложных условиях; в условиях повышенного содержания абразивных частиц, тепловых воздействий; при неудовлетворительных условиях смазки трущихся поверхностей. К таким узлам чаще всего относятся наиболее подвижные узлы транспортно-загрузочной системы, механические руки, пневмо- и гидроцилиндры, аппараты управления системы силового гидропривода, зажимные устройства как в узлах загрузки - разгрузки, так в патроне и центрах.

Большое значение приобретает прогнозирование параметров надежности и производительности автоматической линии. Информация в вопросах прогнозирования основывается на текущей (хронологической) информации состояния и поведения узлов и оборудования автоматической линии. При наличии хронологической информации при длительных наблюдениях выявляются законы поведения и изменения параметров надежности и производительности во времени текущего периода эксплуатации, законы последующего вероятностного изменения параметров.

Определение производительности автоматической линии на основе интегрального анализа наложенных внецикловых потерь.

Выделим эксплуатационные параметры: длительность интервала восстановления работоспособности (интервала простоя) станка θ_{ci} или длительность собственных внецикловых потерь станка в одном интервале простоя; длительность внецикловых потерь станка в одном интервале простоя с учетом наложенных потерь от соседних участков θ_{nc} . Параметры θ_{nc} и θ_{ci} линейно зависимы: $\theta_{nc} = \theta_{ci} + \sum \theta_{ni}$,

$\sum \theta_{nc} = \sum \theta_{ni} + \sum \theta_{nj}$, где $\sum \theta_{nc}$ - наложенное время простоя для i -го станка от соседних станков с учетом компенсации потерь с помощью межучастковых накопителей; $\sum \theta_{ni}$ - наложенное время простоя для i -го станка от соседних станков одного участка; θ_{nj} - наложенное время простоя для j -го станка от станков соседних участков с учетом компенсации потерь с помощью межучастковых накопителей.

Длительность интервала восстановления работоспособности линии $\theta_{a.l}$ как потери, приведенные к позиции оборудования, есть время длительности интервала восстановления работоспособности

последнего (выпускного) станка в линии или группы станков плюс наложенное время простоя от станков предшествующих (соседних) участков с учетом компенсации потерь плюс наложенное время соседних станков последнего участка. Для линии длительность внецикловых потерь в одном интервале простоя $\theta_{п.дл}$ равна $\theta_{ал}$. При равномерной дифференциации времени потерь по позициям и участкам $\theta_{пс} = \theta_{ал} = \theta_{п.дл}$. В общем случае $\theta_{пс}$ для оборудования каждой позиции будет принимать различное значение.

Построим график интегральной функции распределения длительности интервала восстановления работоспособности автоматической линии $\theta_{ал}$ (рис. 35) на примере проведенных эксплуатационных исследований автоматической линии для обработки шестерни ведущей заднего моста фирмы *Churchill* (рис. 2).

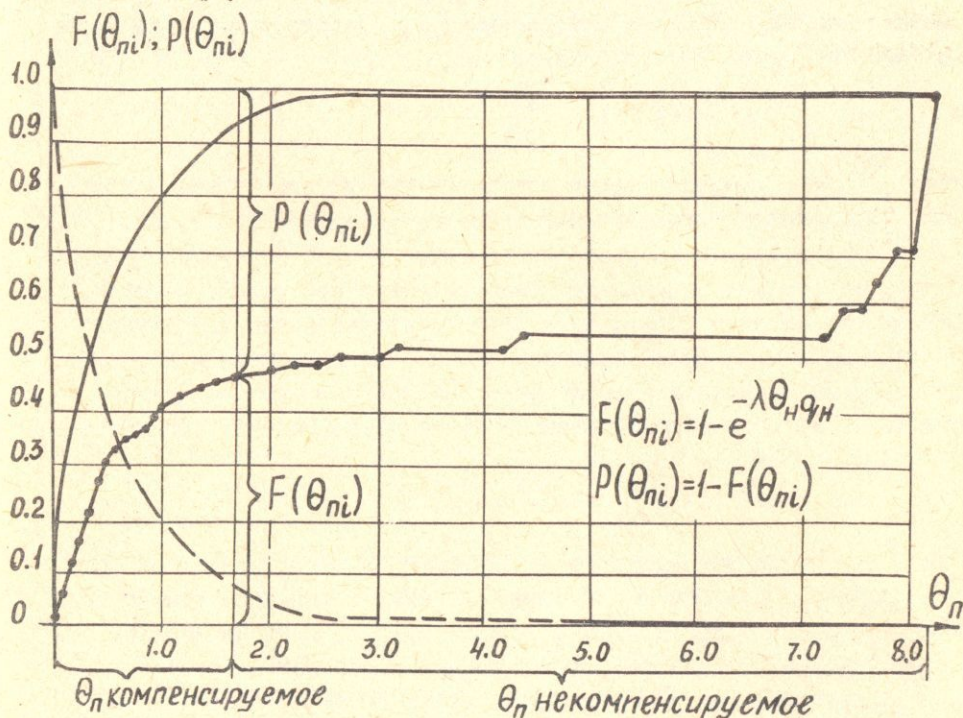


Рис. 35. График интегральной функции распределения длительности интервала восстановления работоспособности автоматической линии

При этом учитывается вероятностный характер распределения длительности θ_{ni} . Если принять экспоненциальным закон распределения длительности интервала восстановления (рис.35), то

$$F(\theta_{ni}) = 1 - e^{-\lambda \theta_{ni}}; F(\theta_{ni}) = 1 - P(\theta_{ni}),$$

где $F(\theta_{ni})$ – интегральная функция распределения длительности интервала восстановления работоспособности автоматической линии;

$P(\theta_{ni})$ – вероятность длительности восстановления работоспособности автоматической линии; λ – интенсивность восстановления.

В общем случае

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}.$$

Параметр $F(\theta_{al})$ как интегральная характеристика есть вероятность того, что за время интервала θ_{al} работоспособность автоматической линии будет восстановлена:

$$F(\theta_{ni}) = \frac{\sum \theta_{ni}}{\sum \theta_{al}},$$

где $\sum \theta_{ni}$ – суммарное время потерь автоматической линии в пределах i -го интервала времени восстановления работоспособности.

Если в автоматическую линию вводятся гибкие межпозиционные связи, то накопитель призван компенсировать простои по времени, равные его емкости θ_H , и в период интервала восстановления работоспособности автоматической линии. Для равномерной дифференциации времени восстановления работоспособности по позициям и участкам, которое было бы равно времени компенсации с помощью накопителей, имеем

$$\theta_{kq} = \frac{\theta_H \cdot q_H}{q},$$

где θ_{kq} – длительность компенсирующего интервала времени восстановления с помощью накопителей в линии или внецикловые потери, компенсируемые с помощью q_H накопителей, приходящиеся на одну позицию автоматической линии; q_H – число накопителей в линии θ_H емкости; q – число позиций в автоматической линии.

Внецикловые потери, компенсируемые с помощью q_H накопителей и приходящиеся на одну позицию автоматической линии,

$$\theta_{kny} = \frac{\theta_H \cdot q_H}{n}.$$

С учетом равномерной дифференциации потерь при $n_y = q$ получим $\theta_{kq} = \theta_{kn_y}$. Принимаем, что и компенсация потерь с помощью накопителей осуществляется равномерно по позициям линии.

Простои до некоторого i -го интервала времени восстановления работоспособности линии θ_{pi} при наличии гибкой межпозиционной связи будут компенсированы с помощью накопителей, тогда $\theta_{pi} = \theta_{ki}$, где $k = q, n_y$.

Если $\theta_{pi} = \frac{\theta_n \cdot q_n}{q}$, то $F(\theta_{pi}) = 1 - e^{-\frac{\lambda(\theta_n \cdot q_n)}{q}} = F(\theta_k)$.

График интегральной функции распределения длительности компенсируемых интервалов восстановления работоспособности автоматической линии с помощью накопителей показан на рис.35,

где $F(\theta_k) = \frac{\sum \theta_{ki}}{\sum \theta_{al}} = 1 - e^{-\frac{\lambda(\theta_n \cdot q_n)}{q}}$ - интегральная функция распределения длительности

$P(\theta_k) = e^{-\frac{\lambda(\theta_n \cdot q_n)}{q}}$ - внецикловых потерь i -го интервала восстановления работоспособности линии, компенсируемых с помощью накопителей θ_n емкости; - вероятность длительности внецикловых потерь i -го интервала восстановления работоспособности линии, компенсируемых с помощью накопителей;

$\sum \theta_{ki}$ - суммарное компенсируемое время потерь автоматической линии в пределах i -го интервала времени восстановления работоспособности линии.

Суммарное время внецикловых потерь, приходящихся на единицу изделия (рис.36), $\sum t_{pi} = \sum t_{pk} + \sum t_{pn}$, где $\sum t_{pk}$ - суммарное время внецикловых потерь, приходящихся на единицу изделия, компенсируемых с помощью накопителей; $\sum t_{pn}$ - суммарное время внецикловых потерь, приходящихся на единицу изделия, некомпенсируемых.

Известно, что производительность автоматической линии с гибкими связями при равномерной дифференциации времени затрат по позициям

$$Q = \frac{P}{(t_{pi} + t_{xi})' + \frac{\sum_{i=1}^q t_{ni}}{n_y} W}$$

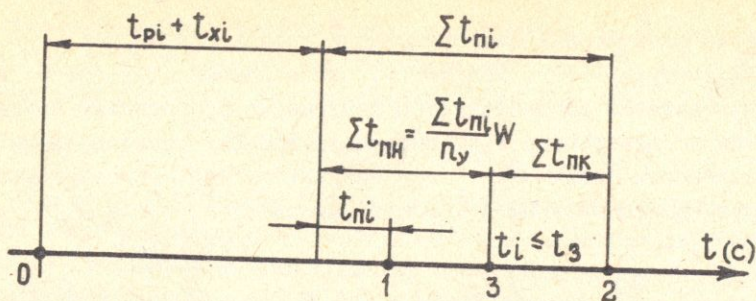


Рис.36. Числовая ось элементов затрат времени i -й позиции автоматической линии: 1-значение параметра времени линии с 100%-й гибкой межпозиционной связью; 2-значение параметра времени для линии с 100%-й жесткой межпозиционной связью; 3-значение времени затрат для i -й позиции

Тогда суммарное время некомпенсируемых потерь

$$\sum t_{пн} = \frac{\sum_{i=1}^q t_{ni}}{n_y} \cdot W,$$

общее суммарное время потерь $\sum_{i=1}^q t_{ni} = \sum t_{ni}$, откуда доля некомпенсируемых потерь

$$\frac{\sum t_{пн}}{\sum t_{ni}} = \frac{W}{n_y}.$$

Длительность интервала восстановления работоспособности $\sum \theta_{ал} = N t_{ni}$, где N - число обработанных деталей за исследуемый промежуток времени простоев.

Длительность интервала компенсируемых внецикловых потерь

$$\sum \theta_{ki} = N t_{nk}.$$

Для всей автоматической линии

$$F(\theta_{ki}) = \frac{\sum \theta_{ki} \cdot q}{\sum \theta_{ал} \cdot q} = \frac{\sum t_{nk}}{\sum t_{ni}} = 1 - \frac{W}{n_y};$$

$$P(\theta_{kl}) = \frac{\sum \theta_{ni} \cdot q}{\sum \theta_{ал} \cdot q} = \frac{\sum t_{пн}}{\sum t_{ni}} = \frac{W}{n_y}.$$

$$- \frac{\lambda(\theta_{н} q_{н})}{q}$$

Так как $P(\theta_{ki}) = e^{-\frac{\lambda(\theta_{н} q_{н})}{q}}$, то можно определить коэффициент возрастания потерь из-за недостаточной емкости накопителей W :

$$\frac{W}{n_y} = e^{-\frac{\lambda(\theta_{н} q_{н})}{q}}.$$

Откуда производительность автоматической линии с гибкими межпозиционными связями

$$Q = \frac{\rho}{(t_{pi} + t_{xi})' + \sum t_{pi} \rho(\theta_k)}$$

$$Q = \frac{\rho}{t_{ci}' + e \frac{\lambda(\theta_H q_H)}{q} \cdot \sum t_{pi}}$$

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНО-ЗАГРУЗОЧНЫХ СИСТЕМ В АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

Повышению эффективности разработки и применения транспортно-загрузочных систем в автоматических линиях способствует проведение их сравнительного анализа в условиях многовариантности структурного и компоновочного исполнений. Сравнительный анализ дает возможность выявить наиболее целесообразную область их практического применения, определять резервы работоспособности. При анализе существующих аналогов решаются задачи создания перспективных моделей и конструкций автоматических линий.

Анализ автоматических линий, транспортные системы которых рассмотрены на рис.31, осуществляется прежде всего по эксплуатационным признакам. В процессе анализа учитывается, что автоматическая линия рассматривается как многопозиционная система оборудования, состоящая из машинообрабатывающей (машинооперационной) и транспортно-загрузочной системы.

Автоматическая линия (рис.31, вариант I.1) имеет выносное боковое расположение транспортно-загрузочной системы. Основными представителями данного варианта являются автоматические линии, изготавливаемые станкостроительным объединением г.Краснодар и заводом автоматических линий г.Сасово. Транспортно-загрузочная система первых представляет собой транспортер лотковый, у которого

нижняя штанга с собачками, установленными через шаг, обеспечивает шаговое межпозиционное перемещение детали по лотку. Автооператор установлен перпендикулярно движению потока деталей перед зоной обработки станка и обеспечивает загрузку-выгрузку с помощью одного питателя-руки захвата.

Простой механизмов транспортно-загрузочной системы в условиях эксплуатации (автоматической линии на ВАЗе, ХТЗ) составляют около 10% по сравнению с простоями из-за отказов обрабатывающей системы. Отказы в транспортно-загрузочных механизмах имеют место прежде всего в узлах питателя, механизма открывания и закрывания ограждения оборудования по причинам износа подвижных элементов конструкции, уплотнений в гидроцилиндрах, соединениях, отказы датчиков путевого управления. Время на ремонт по причине износа и поломки в механизме ограждения не превышает 30% времени ремонта транспортно-загрузочной системы. В рассматриваемом варианте автоматической линии ограждение устанавливается в виде двери, которая во время автоматического цикла работы линии отводится в сторону, открывая рабочую зону обработки на период разгрузки питателем обработанной детали и загрузки новой заготовки. В конструкциях, где ограждение на период автоматической загрузки-выгрузки не отводится, предусмотрено окно с резиновой шторкой для проноса захвата питателя с деталью в зону обработки. Захваты питателя выполнены открытыми и при обратном ходе питателя обработанная деталь, часто задевая о шторку, падает. В табл.3 приведены значения несовмещенного времени транспортирования деталей в автоматических линиях для различных вариантов транспортно-загрузочных систем. Так, несовмещенное время для рассматриваемого варианта транспортно-загрузочной системы линии обработки шестерни ведущей заднего моста составляет 14,8 с.

Фронтальное расположение транспорта при несложной его конструкции затрудняет обслуживание, подход оператора к станкам, особенно в случаях внепланового обслуживания для уборки стружки, смены и регулировки инструмента наладчиком.

Для линий станкостроительного завода автоматических линий г.Сасово применяются автоматические загрузочные устройства варианта I.I, но с двумя питателями, что позволяет несовмещенное время загрузки-выгрузки оборудования сократить. Условия обслуживания оборудования улучшены. В то же время закрепленный на консольной

Таблица 3

Сравнительный анализ транспортно-загрузочных систем по параметрам цикла

Изготовитель автоматической линии	Компоновочный вариант рис.31	Обрабатываемая деталь	Тип транспортно-загрузочного устройства	Среднестатистические значения		Ограничение по цикловой производительности [Q _ц] лет/час
				$t_{\Sigma}(C)$ несоединенное время	$t_{\Sigma}(C)$ соединенное время	
Краснодарское станкостроительное объединение	1.1	Шестерня ведущего заднего моста	Автооператор с одним питателем и открытыми захватами	14.8	8.0	Не ограничивает
Сасовский завод автоматических линий	1.1	Вал	Автооператор с двумя питателями и открытыми захватами	10.2	1.0	Не ограничивает
Фирма Churchill Англия	3.1	Шестерня ведущего заднего моста	Оператор двухрукий с захватами захватами	11.3	3.5	Не ограничивает
Краснодарское станкостроительное объединение	5.1	Конiec задний карданного вала	Портальное исполнение автооператора с двумя захватами захватами	9.0	41.4	86
Фирма Fischer Франция	5.1	" - "	" - "	6.0	35.0	102
Фирма Saclome Франция	5.1	Блок шестерен	" - "	10.5	27.6	130

опоре узел с питателями, который в случае необходимости может быть отведен на 90° от фронтальной плоскости станка в процессе обслуживания, вносит дополнительную погрешность позиционирования детали при загрузке и требует дополнительного времени на обслуживание.

Схема типовой одноучастковой автоматической линии Краснодарского станкостроительного объединения приведена на рис.33. Машинообрабатывающая система оборудования 1,2,3 обеспечивает рабочий процесс формообразования обрабатываемой детали, транспортно-загрузочная система 4,5,6,7 выполняет функции автоматического обслуживания технологического оборудования, система управления 8 поддерживает и воспроизводит автоматический цикл рабочих и вспомогательных перемещений, контролирует работу оборудования на каждой позиции и управляет в целом всей линией.

В начале автоматической линии заготовка автоматически подается с магазина-накопителя 4 на межпозиционный транспорт 5 с шаговым перемещением и направляется на первую позицию обработки. В зоне загрузки она с помощью захватов питателя 7 подается в рабочую зону станка подрезки торцев и центрования 1 на место предварительно обработанной заготовки. Пройдя последовательно позиции других видов обработки, например обработки отверстий на агрегатном станке 3, в конце автоматической линии обработанная деталь поступает в магазин-накопитель 4. При необходимости переориентации детали между позициями устанавливается кантователь 6.

Автоматические линии (рис.31, варианты 1.2,5.3) имеют выносное верхнее расположение транспорта. Для данных вариантов предусматривается перемещение обрабатываемых деталей над станками и зоной обслуживания. Применение данного вида транспорта требует дополнительных устройств для безопасности обслуживания оборудования, приводит к ухудшению условий обслуживания транспортно-загрузочной системы и подхода оператора к зоне перемещения деталей на транспорте.

К рассматриваемым вариантам относятся рейнерные транспортно-загрузочные устройства, например, в автоматических линиях, ранее изготавливаемых фирмой *Housberg* ФРГ. Верхняя скалка, которая несет механизмы разгрузки-выгрузки над каждой позицией автоматической линии, получает возвратно-поступательное горизонтальное перемещение, а также вертикальное за счет раздельных гидро-

приводов. Рейнерные транспортные системы применялись одними из первых в конструкциях автоматических линий.

Автоматические линии (рис.3I, варианты 4.I, 2.I) имеют выносное боковое расположение транспорта. Обработка детали в процессе перемещения с транспорта на станок и обратно меняет относительное положение. Для этого может быть применен двухрукый автоматический оператор консольного исполнения, имеющий ось поворота, относительно которой обрабатываемое изделие при транспортировании поворачивается на 90° . Данный вариант загрузки и транспортирования деталей использован на автоматических линиях фирмы *Stavely; Churchill-Redman* Англия.

Автоматическая линия (рис.3I, вариант 5.I) имеет также выносное боковое расположение транспорта. Транспортно-загрузочная система является одной из распространенных в автоматических линиях. Данные автоматические линии изготавливаются станкостроительным объединением г.Краснодар, иностранными фирмами *Fisher* Швейцария, *Heyligenstaedt* ФРГ, известны транспортные устройства "Пирин" (Болгария) и другие. Автоматический оператор загрузки-выгрузки деталей портального типа с двумя захватными устройствами комплектуется в сочетании с межпозиционным проходным транспортом-накопителем.

Преимуществами данных конструкций в условиях эксплуатации являются наибольшее сокращение несовмещенного времени транспортирования, удобство обслуживания и ремонта как станков, так и транспортно-загрузочных устройств на каждой позиции автоматической линии. По конструктивному исполнению в сравнении с другими рассматриваемыми вариантами наиболее сложен и трудоемок в изготовлении.

Стоимость транспортно-загрузочных систем по варианту 5.I с автооператором портального типа ориентировочно в два раза больше, чем стоимость транспортно-загрузочной системы типа I.I, и вместе с системой управления может возрасти до 70% стоимости всей автоматической линии.

Автоматическая линия (рис.3I, вариант 5.2) имеет сквозное (центральное) расположение транспорта. По количеству и сложности траектории перемещения детали вариант сквозного транспортирования является в конструктивном исполнении наиболее простым из числа рассмотренных. Известны автоматические линии типа МРЛ завода им. С.Орджоникидзе г.Москва. Конструктивно для линий токарной обра-

ботки применяется транспортер, который проходит через рабочую зону обработки полуавтомата и обеспечивает шаговое перемещение детали. Механизм загрузки и выгрузки вынесен за пределы рабочей зоны и расположен с задней стороны станка. На отдельных линиях применяется шаговый транспортер с прямоугольным циклом перемещения заготовки между позициями оборудования. По точности позиционирования цепной транспортер уступает транспортеру с прямоугольным циклом перемещения.

Основным недостатком сквозного транспортирования деталей являются неудовлетворительные условия отвода стружки и ограниченная доступность к рабочей зоне станка в процессе выполнения наладочных работ, текущего и профилактического ремонта. Обычно регулируемые или съемные призмы на транспортерах, которые проходят в зоне обработки, подвержены повышенному износу и разрегулированию и соответственно потере точности позиционирования детали в процессе загрузки, выгрузки и межпозиционного транспортирования.

Автоматические линии (рис. 31, варианты 3.1, 6.1) имеют выносное боковое расположение транспорта. Основным преимуществом данных транспортных систем является возможность размещения дополнительного количества валов на транспортере-накопителе, обычно пластинчатого типа за счет вертикального их расположения, что важно для дополнительного накопления обрабатываемых деталей между позициями автоматической линии. На практике устойчивое перемещение валов не всегда обеспечивается. Данные транспортно-загрузочные системы из-за сложности и большого количества подвижных соединений, из-за больших длин перемещения исполнительных механизмов имеют до 30% всех простоев оборудования автоматической линии. Основными изготовителями автоматических линий с такими транспортными системами являются фирмы *Stavely ; Churchill-Redman* (рис. 37).

Конструктивно устройства загрузки-выгрузки для линий по варианту 3.1 представляют собой две автоматические руки автооператоров, размещенные по обе стороны рабочей зоны с лицевой (фронтальной) стороны станка. Деталь перемещается по межпозиционному транспорту в вертикальном положении. Во время загрузки рука автооператора поднимает деталь над транспортом и подает в рабочую зону обработки на станке. После выполнения обработки съем детали осуществляется в обратном направлении второй рукой автооператора. С помощью захватного устройства на руке автооператора деталь после ее поднимания до установки в патроне станка меняет трижды пространственную ориентацию.

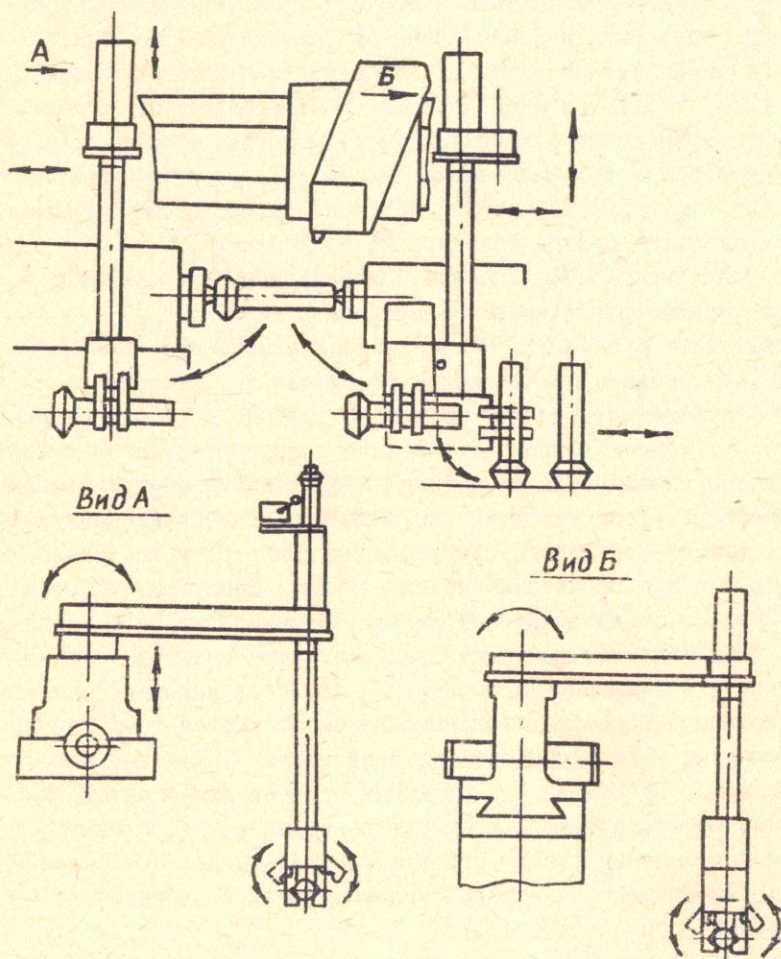


Рис. 37. Оператор автоматической загрузки токарно-гидрокопировального полуавтомата фирмы *Churchill*.

Для линии варианта 6.I автоматический оператор выполнен порталного типа.

Автоматические линии (рис.3I, варианты 8.I, 9.I) имеют выносное боковое расположение транспорта. Данные структурно-компоновочные варианты могут быть рекомендованы для автоматических линий на базе вертикальных многорезцовых полуавтоматов таких моделей, как I723, I734, I75I. Наиболее простыми в конструктивном исполнении являются транспортно-загрузочные устройства (вариант 9.I).

Проводимый сравнительный анализ автоматических линий различных вариантов структурного исполнения (рис.3I) позволяет оценивать возможности наиболее целесообразного их применения в условиях эксплуатации. Основные рассматриваемые сравнительные эксплуатационные признаки транспортных систем приведены в табл.4.

В соответствии с табл.4 основными эксплуатационными признаками приняты: обеспечение безопасности обслуживания; удобство технического обслуживания; влияние на условия отвода и уборки стружки и другие. От компоновочного исполнения транспортно-загрузочной системы зависит возможность размещения под станками централизованного транспортера уборки стружки. Последнее обеспечивает наилучшие условия стабильной работы оборудования и инструмента, удаление и отвода стружки на автоматических линиях. Наилучшие условия отвода стружки на эксплуатируемых линиях, например на ВАЗе, были достигнуты с применением централизованных систем смазочно-охлаждающей жидкости и гидросмыва стружки. На КамАЗе в условиях эксплуатации оправдывают централизованные механические системы гарпунного или ершового типа для уборки сливной стружки. Штанга, которая размещена по дну канала под станками по всей длине автоматической линии, имеет возвратно-поступательное движение. В одном направлении перемещения штанги стружка проскальзывает относительно штанги и размещенных на ней под углом зубьев, в противоположном направлении увлекается ими.

Сравнительный анализ проведен на примере нескольких структурно-компоновочных исполнений автоматических линий. Анализ, проводимый в процессе эксплуатационных исследований, дает необходимую сравнительную информацию, такую, как: фактические циклограммы работы линий, баланс затрат фонда рабочего времени, баланс производительности, показатели стоимости с учетом проведенных капитальных и текущих затрат.

Таблица 4

Сравнительный анализ транспортно-загрузочных систем

Эксплуатационные признаки транспортных систем	Варианты компоновок транспортно-загрузочной системы (рис.31)								
	I.1	I.2	2.1	3.1	4.1	5.1	5.2	5.3	6.1
Обеспечение повышенной безопасности обслуживания	нет	да	да	да	да	да	нет	да	да
Доступность подхода к рабочей зоне во время проведения наладочных и профилактических работ	средние	средние	средние	средние	выше средних	выше средних	средние	средние	выше средних
Влияние на условия отвода и уборки стружки	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	нет	нет
Возможность размещения под станками централизованного транспортера уборки стружки или канала гидросмыва стружки	ограни- ченная	ограни- ченная	ограни- ченная	ограни- ченная	хоро- шая	хорошая	ограни- ченная	хорошая	хорошая
Повышенная потребность в производственных площадях	да	нет	да	да	да	да	нет	нет	да
Возможность накопления и резервирования деталей на межпозиционном транспорте	средняя	средняя	средняя	выше средней	средняя	средняя	ниже сред- ней	средняя	выше средней
Соотношение первоначальной стоимости (ориентировочно) по сравнению с вариантом 5.1	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,4	0,8	1,0

Анализ простоев и отказов работы автоматических линий, их узлов и механизмов, в том числе и транспортно-загрузочных систем проведен на примере двух линий: 1) автоматической линии обработки шестерни ведущей заднего моста модели ЛКМВ Краснодарского станко-строительного объединения; 2) автоматической линии обработки той же детали (черновая наружная обточка с обработкой торцев) фирмы *Churchill* Англия, рассматриваемых на примере линий ВАЗа.

Автоматическая линия ЛКМВ (рис.38) для обработки шестерни ведущей заднего моста (рис.2) имеет структурный вариант I.I (рис.3I). Она является двухпозиционной, но состоит из трех станков: на первой позиции - центровально-подрезной полуавтомат I, на второй позиции - установленные в два параллельных потока токарно-гидрокопировальные полуавтоматы 2, выполняющие одинаковую технологическую операцию наружного точения (рис.6).

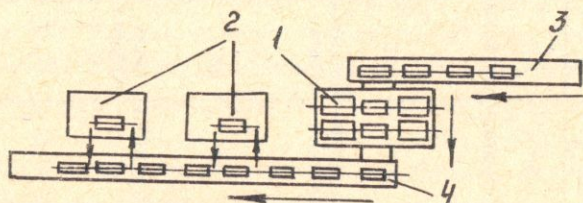


Рис.38. Структурно-компоновочная схема автоматической линии ЛКМВ

Заготовки с подводящего транспортера-накопителя 3 поступают на двухместный полуавтомат I для обработки торцев деталей и выполнения операции центrovания. После обработки деталей на первой рабочей позиции детали автоматически передаются на межпозиционный транспорт 4, откуда поступают на один из токарных полуавтоматов 2.

Автоматическая линия фирмы *Churchill* (рис.39) является также двухпозиционной, состоит из четырех станков, на второй позиции в отличие от линий ЛКМВ (рис.38) установлено параллельно три токарно-гидрокопировальных полуавтомата 2, выполняющих одинаковую операцию обточки деталей.

На позиции обработки торцев установлен двухшпиндельный (двухместный) центровально-подрезной полуавтомат I. Полуавтомат осуществляет одновременную двухстороннюю обработку с совмещением операций подрезки торцев и центrovания с помощью инструментальных

блоков, что позволяет за один подвод шпинделей производить полную обработку торцев сразу двух деталей.

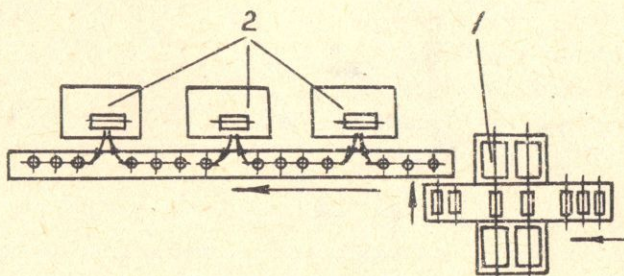


Рис.39. Структурно-компоновочная схема автоматической линии *Churchiell*

Транспортно-загрузочная система для первой автоматической линии (рис.38) представляет собой лотковый транспортер бокового выносного исполнения.

Полная обточка детали на полуавтомате линии *Churchiell* осуществляется за большее число проходов по сравнению с обточкой на полуавтомате линии ЛКМВ. Схема обработки детали показана на рис.40. Транспортная система данной автоматической линии принципиально отличается от первой.

В процессе проведенного анализа для центrovально-подрезного полуавтомата линии ЛКМВ суммарные ремонтные простои по причине отказов механизмов станка и транспорта данной позиции за один год составили (как среднестатистическая величина) 196 станко-часов при двухсменном режиме работы. В процессе работы наблюдались случаи разрегулирования самоцентрирующих тисков, зажимных приспособлений, поломки их элементов, недостаточно обеспечивалась необходимая ориентация и фиксация заготовки, в процессе обработки имело место дробление обрабатываемой поверхности. Сквозной транспортер, проходящий через рабочую зону обработки полуавтомата, не обеспечивал необходимой точности шагового перемещения детали, точности позиционирования детали в момент ее крепления. Смещение оси детали по отношению оси расположения инструментов на станке в период ориентации, фиксации заготовки, а также в период обработки приво-

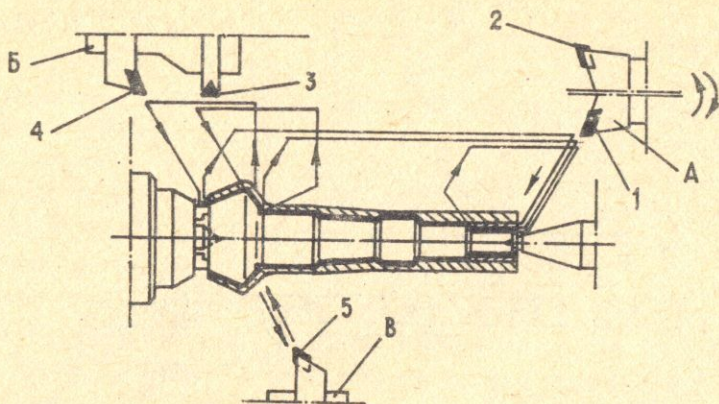


Рис.40. Схема обработки детали на токарно-гидрокопировальном полуавтомате автоматической линии *Churchill* :

А,Б-суппорты гидрокопировальные с инструментальным блоком; 1,2,3,4,5-быстросменные режущие пластины

дило к поломке и ремонту механизмов тисков, узла фиксации, силовых узлов и поломке инструмента. В соединениях гидросистемы наблюдались частые течи масла, разрывы гибких трубопроводов. Причиной являлись конструктивные недоработки системы транспорта и загрузки, узлов фиксации, неудовлетворительные условия отвода стружки, недостаточная доступность к рабочей зоне при обслуживании.

Для центровально-подрезного полуавтомата *Churchill* суммарные ремонтные простои оборудования за год составили 285 станко-часов. Наиболее характерные отказы по техническим причинам на данном станке (вместе с транспортно-загрузочной системой) характеризовались частым выходом из строя шпиндельных узлов, регулированием исполнительных узлов, что проявлялось в повышенном износе направляющих и трущихся пар, обрыве ремней главного привода, повышенном нагреве шпинделей, потери точности обработки. В два раза реже наблюдались простои по причине отказов узлов ориентации и фиксации заготовки. Возникала необходимость в частой регулировке механизмов тисков, подшлифовке направляющих плоскостей. В связи с недостаточной надежной работой оборудования выходила из строя аппаратура управления: путевые выключатели, дроссели регулирования подачи. Основной причиной отказов на данном станке явилась жесткость узлов конструкции. Жесткость узлов и меха-

низмов, конструктивное оформление станка не позволяли вести обработку деталей при увеличенных припусках, повышенных режимах резания.

Более высокая жесткость станка линии ЛКМВ, системы силовых приводов говорит о его преимуществах, в то же время возникает необходимость совершенствования конструкции механизмов системы автоматической загрузки и фиксации заготовки, условий обслуживания. Для двух параллельно работающих токарно-гидрокопировальных полуавтоматов линии ЛКМВ суммарные ремонтные простои по причине отказов за год составили 311 и 638 станко-часов соответственно, а в целом 949 станко-часов.

Так, чистая потеря работоспособности станков токарно-гидрокопировальных полуавтоматов на базе модели I713, работающих в условиях массового производства и встроенных в автоматическую линию, наблюдалась из-за недостаточной жесткости и надежности работы подшипникового узла задней бабки, узла редуктора и коробки перемены подач, в частности электромагнитных муфт, работающих в условиях изменения нагрузок и частых переключений. Возникла необходимость в ремонте данных узлов и замене электромагнитных муфт. Причиной явилась недостаточная надежность узла коробки подач, подшипникового узла задней бабки в условиях интенсивной эксплуатации, частых переключений электромагнитных муфт и повышенных режимов резания при автоматизированной обработке. К типовым отказам токарно-гидрокопировальных полуавтоматов линии ЛКМВ относятся и отказы в узле главного привода, выход из строя механизма переднего центра, перегрев шпиндельных подшипников, обрыв ремней, отказы суппортных групп. Наблюдался повышенный износ поверхностей подвижных частей в копировальных устройствах, роликов, гидрозолотников, износ уплотнений. Эксплуатация токарно-гидрокопировальных полуавтоматов в составе автоматических линий влечет за собой совершенствование системы привода, узлов автоматического переключения режимов обработки, бесступенчатого регулирования, применение муфт выскомоментных и **быстродействующих**. К последним относятся гидравлические и пневматические муфты сцепления и торможения в цепи главного привода и переключения подач.

В процессе эксплуатации технологического оборудования в составе автоматических линий снижается его производительность. Это объясняется не только усложнением всей системы оборудования, воз-

растанием доли простоев по причине оборудования, его обслуживания, но и прежде всего наиболее высокой интенсификацией процесса обработки в условиях автоматического производства.

Причиной повышенного износа, дополнительных ремонтных простоев является и недостаточная защита исполнительных узлов, подвижных соединений от загрязнений (особенно в местах попадания охлаждающей жидкости и течей масла) от непосредственного воздействия стружки, приводящая к образованию зон интенсивного абразивного износа.

Отказы в транспортно-загрузочных механизмах линии ЛКМВ имели место прежде всего в узлах питателя, механизма открывания и закрывания ограждения станка по причинам износа подвижных элементов конструкции, уплотнений в гидроцилиндрах, соединениях, наблюдались отказы датчиков путевого управления, течи и обрывы пневмогидрообвязки. Простои механизмов транспортно-загрузочной системы составили 10% по сравнению с простоями из-за отказов механизмов токарного полуавтомата автоматической линии.

За год суммарные ремонтные простои каждого станка автоматической линии фирмы *Churchill* и транспортно-загрузочной системы на данной позиции составили 287, 206, 241 соответственно, а в целом 734 станко-часа. То, что на этой линии установлены три параллельно работающих станка, а на линии ЛКМВ - два станка, позволило на линии *Churchill* увеличить цикл обработки детали и снизить режимы обработки, уменьшить величину припуска на обработку, что в свою очередь способствовало уменьшению общих ремонтных простоев. Транспортная система загрузки линии *Churchill* из-за ее сложности и большого количества перемещающихся узлов и деталей, больших длин перемещения узлов имела число простоев до 30% от всех простоев линии. Основные отказы механизмов транспортно-загрузочной системы наблюдались из-за износа исполнительных механизмов, деталей гидроцилиндров, деталей и элементов пневмогидрообвязки: разрыв штока, износ уплотнений, износ и разрыв шлангов, износ и поломка пружин, разрыв предохранительных штифтов, болтов крепления в подвижных узлах.

В токарно-гидрокопировальных станках как линии *Churchill*, так и ЛКМВ наблюдались частые отказы узла задней бабки из-за люфта пиноли, преждевременного износа и заклинивания упорного подшипника, имели место частые отказы элементов гидросуппортов, в меньшей мере системы привода и шпиндельной бабки, вызванные износом

ми явлениями. Значительные простои вызваны отказами узлов и элементов системы управления.

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И УМЕНЬШЕНИЯ СТОИМОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Одним из важных участков проведения сравнительного анализа автоматических линий является анализ составляющих времени цикловых и внецикловых затрат при функционировании транспортно-загрузочных механизмов и систем. Анализ составляющих времени затрат в условиях эксплуатации дает наглядное представление о производительности линий, позволяет выявить резервы производительности оборудования и автоматической линии в целом, совершенствовать конструкцию транспортно-загрузочных устройств при проектировании. С целью улучшения структуры автоматической линии и совершенствования, например, транспортной системы проводится оценка резерва (запаса) ожидаемой производительности линии по сравнению с заданными значениями.

Рассмотрим дифференцированно основные составляющие времени затрат, отнесенные к обработке одной единицы изделия:

t_{oi} - время операционное, включает время рабочих ходов t_{pi} и холостых ходов станка полуавтомата (вспомогательных перемещений) t_{xi} при обработке изделия на i -й рабочей позиции:

$$t_{oi} = t_{pi} + t_{xi};$$

t_{T1} - несовмещенное время транспортно-загрузочных перемещений и время разгрузки-загрузки на станке рабочей позиции;

t_{T2} - время ускоренного отвода каретки автооператора от станка к межпозиционному транспорту;

t_{T3} - время загрузки-выгрузки на межпозиционном транспорте;

t_{T4} - время ускоренного подвода каретки автооператора от межпозиционного транспорта к станку;

t_{TC} - совмещенное время транспортно-загрузочных перемещений:

$$t_{TC} = t_{T2} + t_{T3} + t_{T4};$$

Σt_T - суммарное время транспортно-загрузочных перемещений:

$$\Sigma t_T = t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4};$$

t_k - время автоматического контроля обработанной детали или время подналадки инструмента;

$t_{\text{вo}}$ - время ожидания завершения работы станка транспортно-загрузочным устройством, $t_{\text{вo}}$ является временем циклового простоя транспортно-загрузочного устройства;

$t_{\text{ц}}$ - время цикла обработки на рабочей позиции;

$t_{\text{п}}$ - время внецикловых потерь (на ремонт и обслуживание).

Анализируются значения несовмещенного и совмещенного времени транспортно-загрузочных перемещений механизмов, времени ожидания завершения работы станка. Несовмещенное время $t_{\text{т1}}$ и совмещенное время $t_{\text{тс}}$ транспортно-загрузочных перемещений относительно времени $t_{\text{оi}} = t_{\text{pi}} + t_{\text{xi}}$ имеют тенденцию к уменьшению, первое в связи с необходимостью уменьшения влияния на время цикла автоматической линии, второе - в связи с уменьшением времени обработки деталей на позиции автоматической линии (табл.3).

Сравнительный анализ транспортно-загрузочных систем по временным параметрам цикла показывает, что наименьшим несовмещенным временем обладают автооператоры портального типа: $t_{\text{т1}} = 6,0 \dots 10,5$ с (рис.31, вариант 5.1). На выбор значения параметров $t_{\text{т1}}$.

$t_{\text{тс}}$ и соответственно выбор транспортно-загрузочной системы влияет продолжительность обработки детали на станке, требуемая производительность автоматической линии. Несовмещенное время увеличивает цикл работы линии. По результатам замеров для типовых межпозиционных транспортных систем в табл.3 приведены значения несовмещенного $t_{\text{т1}}$ и совмещенного времени $t_{\text{тс}}$. Несовмещенными во времени остаются: перемещения руки автооператора в зону обработки, захват обработанной детали, ее разжим в патроне и отвод центров, отвод руки с обработанной деталью из зоны обработки, подвод руки с заготовкой в зону обработки, подвод центров и зажим заготовки, разжим захватов и отвод руки из зоны обработки.

Уменьшение несовмещенного времени транспортирования достигается за счет сокращения длины перемещения, увеличения скорости перемещения детали, уменьшения веса перемещающихся узлов, увеличения жесткости несущей конструкции. Если скорость ускоренных перемещений узлов металлорежущего оборудования достигает 8-10 м/мин и более (12-16 м/мин), то скорости транспортных перемещений деталей на участках разгона достигают 20-30 м/мин.

Если время операционное t_{oi} на станке стремится к уменьшению, то возникает необходимость разработки и применения транспортных систем, обеспечивающих их совершенствование при $t_{TC} \rightarrow \min$.

Таким образом, должны соблюдаться условия:

- 1) время межпозиционного транспортирования, загрузки и выгрузки детали на станке должно быть максимальным образом совмещено со временем обработки детали на станке, $t_{T1} \rightarrow \min$;
- 2) совмещенное время t_{TC} должно быть меньше времени обработки детали на станке, $t_{TC} \rightarrow \min$;
- 3) необходимо совершенствование в комплексе машинообрабатывающей системы оборудования и системы транспортирования, загрузки и разгрузки.

Значительное влияние транспортных систем на стоимость автоматической линии и ее производительность ставит вопрос о возможности применения автооператоров транспортных систем для многостаночного обслуживания. При анализе составляющих времени цикловых и внецикловых затрат на транспортно-загрузочные перемещения по исследованию нескольких автоматических линий выявлено, что такая возможность имеется.

Примером рационального применения автоматической линии с транспортно-загрузочным устройством, обслуживающим несколько станков, может служить автоматическая линия для обработки шарового пальца фирмы *Atrema* Италия, находящаяся в эксплуатации на КамАЗе.

Имеется автоматическая линия для обработки коленвала. На позиции обработки шеек коленвала методом фрезерования (полуавтоматы фирмы *Heller* ФРГ) время цикла обработки на одной позиции составляет 7 мин 15 с, время транспортирования для двух параллельно установленных в линии станков, обслуживаемых одним автооператором портального типа, составляет 2 мин 38 с, а время ожидания цикла работы станка транспортно-загрузочным устройством равно 4 мин 37 с, что говорит о возможности обслуживания одним автооператором до семи станков с учетом резерва времени в цикле обработки на простои по обслуживанию и ремонту.

На основе анализа транспортно-загрузочных систем с автооператорами портального типа автоматических линий обработки валов, эксплуатируемых на КамАЗе, получены значения составляющих времени затрат (табл.5).

Таблица 5

Сравнительный анализ транспортно-загрузочных систем порталного типа

Изготовитель автоматической линии	Обрабатыва- емая деталь	t_{oi} с.	t_{r1} с.	t_{r2} с.	t_{r3} с.	t_{r4} с.	t_{rc} с.	Σt_r с.	t_k с.	t_{B0} с.	t_{ci} с.	n_{c1}	n_{c2}
Фирма <i>Heyligen- staedt</i> ФРГ	Поворотный чулак	95	23	6	9	6	21	44	5	69	118	1	2
Фирма <i>Fischer</i> Швейцария	Вилка карлана среднего мос- та (черновая обработка)	102	20	8	20	12	40	60	0	62	122	1	2
Фирма <i>Fischer</i> Швейцария	Вилка карлана среднего мос- та (чистовая обработка)	87	20	8	20	12	40	60	0	47	107	1	1
Фирма <i>Fischer</i> Швейцария	Ведущая шестер- ня среднего и заднего моста	81	14	7	14	9	30	44	0	51	95	1	2
Фирма <i>Atrema</i> Италия	Шаровой палец	74	11	6	6	7	19	30	0	55	85	2	2
Фирма <i>Heyligen- staedt</i> ФРГ	Бал промежу- точный	104	17	6	7,5	5	18,5	35,5	0	85,5	121	1	3
Фирма <i>Heyligen- staedt</i> ФРГ	Первичный вал I	125	17	7	7,5	6	20,5	37,5	0	104,5	142	1	3
Фирма <i>Heyligen- staedt</i> ФРГ	Первичный вал 2	96	17	8	8	7	23	40	0	73	113	1	2

В табл.5 обозначено: $n_{с1}$ - фактическое число станков рабочих позиций, обслуживаемых одним автооператором.

При анализе составляющих времени затрат на транспортно-загрузочные перемещения с автооператорами портального типа в автоматических линиях КамАЗа выявлено, что время ожидания завершения работы станка $t_{в0}$ для преобладающего большинства линий позволяет применить автооператоры, обслуживающие несколько станков, последовательно или параллельно установленным в линии.

Анализируя возможные структурные и компоновочные исследования автоматических линий при наличии многостаночного обслуживания автооператорами, можно выделить основные варианты линии (рис.4I).

Стрелками на рисунке показано перемещение каретки 5 автооператора 4 с питателями и устройствами 6,7. На каретке размещены два питателя с устройствами захвата заготовки и обработанной детали.

Примем, что расстояние перемещения каретки автооператора между соседними станками рабочих позиций, а также ветвью межпозиционного транспорта и станком ближайшей по отношению к транспорту рабочей позиции равны.

Параметр $t_{г4}$ показывает время ускоренного перемещения каретки автооператора к станку-полуавтомату от межпозиционного транспорта. Перемещение между станками двух рабочих позиций, когда автооператор с помощью питателей транспортирует обработанную деталь с одного станка для последующей обработки на другой станок, рассматривается так же, как ускоренный подвод со временем $t_{г4}$. Параметр $t_{г2}$ является временем ускоренного перемещения каретки автооператора от станка к ветви межпозиционного транспорта после завершения обработки детали на станке.

Дополнительно принятые обозначения в формулах: n_c - число станков, обслуживаемых одним автооператором в линии; n_r - число ветвей межпозиционного транспорта (разделенных станками рабочих позиций), обслуживаемых одним автооператором при обслуживании автооператором n_c станков; n_n - число станков, повторно обслуживаемых одним автооператором; n_o - число автооператоров, обслуживающих станок одной позиции, p - число параллельных ветвящихся потоков позиций оборудования или участков автоматической линии.

Цикловую производительность для автоматической линии как число обработанных деталей в час определяем по формуле

$$Q_4 = \frac{3600}{t'_{гi}}$$

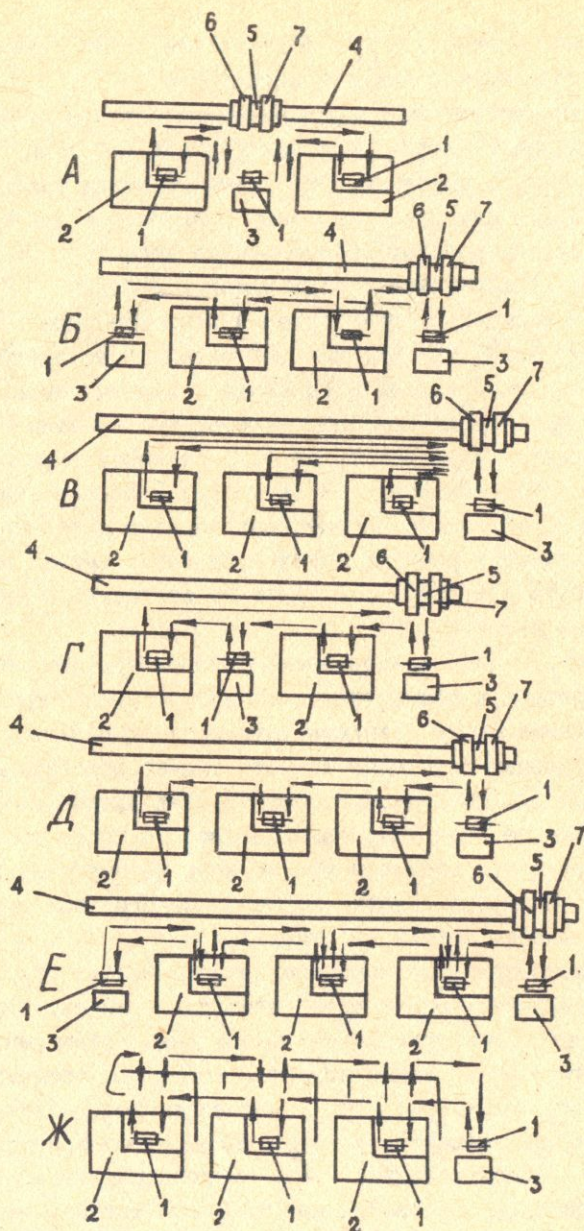


Рис.41. Схемы автоматических линий с применением автооператоров портального типа многостаночного обслуживания: 1-обрабатываемая деталь; 2-станок-полуавтомат рабочей позиции автоматической линии; 3-ветвь межпозиционного транспорта; 4-автооператор; 5-каретка автооператора; 6,7-питатели с устройствами захвата заготовки и обработанной детали

(дет, час), имея в виду, что t_{ci} - время обработки детали (время цикла обработки) в секундах на лимитирующей рабочей позиции.

Для станка i -й рабочей позиции, обслуживаемом одним автооператором портального типа, время цикла обработки на одной позиции $t_{ci} = t_{oi} + t_{T1}$, где t_{T1} является несовмещенным временем транспортно-загрузочных операций (время смены обработанной детали и загрузки новой заготовки). Во время обработки детали на станке (принятое как операционное время t_{oi}) осуществляется функционирование автооператора с совмещением времени параметров t_{T2} , t_{T3} , t_{T4} , t_{B0} , t_{TC} с параметром t_{oi} . Можно записать, что

$$t_{oi} = t_{TC} + t_{B0} \text{ и } t_{ci} = t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0}.$$

При необходимости в формулу определения времени цикла обработки t_{ci} включается время автоматического контроля - параметр t_k . Цикловая производительность при автономном обслуживании станка на одной позиции одним автооператором

$$Q_{ci} = \frac{3600}{t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0}}.$$

Рассматривая значения параметров t_{T1} , t_{T2} , t_{T3} , t_{T4} , t_{B0} , t_{oi} , t_{ci} для различных позиций линии, можно выявить, что для некоторых позиций возникает возможность многостаночного обслуживания автооператорами. В этом случае параметр t_{B0} является резервным временем. В составе времени цикла обработки t_{ci} параметр t_{B0} может быть использован для многостаночного обслуживания. Рабочая позиция, которая является по времени цикла обработки наименьшей по отношению к лимитирующей позиции, предположительно будет иметь наибольшее значение t_{B0} . Рабочая позиция с наибольшим значением t_{B0} может быть принята за базовую для образования многостаночного обслуживания.

Рассмотрим начальные условия многостаночного обслуживания, являющиеся общими для вариантов (рис.3,4).

1. Значение параметра t_{B0} для i -й рабочей позиции может иметь значение больше, чем операционное время на лимитирующей позиции: $t_{(B0)i} > t_{oi}$. Данное условие является наиболее сильным.

2. Имеет место выполнение неравенств для i -й рабочей позиции: $t_{B0} - (t_{TC} + t_k) > t_{TC} + t_k$. При отсутствии автоматизации контроля $t_{B0} - t_{TC} > t_{TC}$. Условие 2 может рассматриваться вне связи с условием 1, если условие 1 не выполняется.

3. Допустимое число станков n , обслуживаемых автооператором, дополнительно к первоначальному принимается в соответствии с выполнением неравенства для i -й позиции:

$$n \leq \frac{t_{B0}}{\sum t_T + t_K}.$$

Без t_K (параметра автоматизации контроля) $n \leq \frac{t_{B0}}{\sum t_T}$

с округлением до целого числа в меньшую сторону при $n_c = n + 1$.

Применяя названные начальные условия, рассмотрим дополнительные условия ввода многостаночного обслуживания и вопросы расчета цикловой производительности различных компоновок многостаночного обслуживания (рис.4I).

Вариант А. При одностаночном обслуживании станка базовой позиции $t_{4A} = t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0}$. При вводе многостаночного обслуживания одним автооператором n_c станков относительно базовой позиции (станка) параметр t_{B0} как наибольшее резервное время (базового станка) перераспределяется. В связи с этим для варианта А выполняется условие баланса, описываемое равенством (формула баланса)

$$t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0} = n_c(t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0},$$

где Δt_{B0} - нереализованное время ожидания при многостаночном обслуживании на i -й позиции, $\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}$ - является суммарным нереализованным временем ожидания для всех станков (участка с числом рабочих позиций q и (или) параллельных потоков позиций p), обслуживаемых одним автооператором относительно базовой позиции.

При выполнении условия

$$n \leq \frac{t_{B0}}{\sum t_T}$$

(без ввода t_K) на базовой позиции участка автоматической линии с многостаночным обслуживанием время цикла обработки

$$t_{4A} = n_c(t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0},$$

причем $t_{4A} \leq t_{4i}$.

Время ожидания для станка базовой позиции

$$t_{B0} = (n_c - 1)(t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Суммарное нереализованное время ожидания

$$\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} = t_{B0} - (n_c - 1) (t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}).$$

Данная формула может использоваться как целевая функция при

$$F_{B0} = \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} \rightarrow \min,$$

что является дополнительным условием ввода многостаночного обслуживания при разработке и создании новых автоматических систем многостаночного обслуживания.

Операционное время на базовой позиции

$$\begin{aligned} t_{0i} &= t_{\text{цА}} - t_{T1} = \\ &= n_c (t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} - t_{T1} = \\ &= n_c t_{TC} + (n-1) t_{T1} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}. \end{aligned}$$

Неравенство $t_{0i} \geq n_c t_{TC} + (n-1) t_{T1}$ действительно при $\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} \rightarrow \min$.

Параметры множества $\{t_{T2}, t_{T3}, t_{T4}, t_{TC}, \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}\}$ могут иметь различные значения на разных позициях автоматической линии. Значение операционного времени должно удовлетворять неравенству

$$t_{0i} \geq \sum_1^q t_{TC} + \sum_1^{q-1} t_{TC}.$$

Расчетная цикловая производительность, дет/час, для варианта А многостаночного обслуживания с применением автооператоров портального типа

$$Q_{\text{цА}} = \frac{3600 \rho n_0}{n_c (t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}}.$$

Вариант В. Условие баланса описывается равенством

$$t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0} =$$

$$= n_c(t_{T1} + t_{T3}) + (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a)(t_{T2} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Время цикла обработки при многостаночном обслуживании на базовой позиции

$$t_{4B} = n_c(t_{T1} + t_{T3}) + (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a)(t_{T2} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Время ожидания для базовой позиции

$$t_{B0} = (n_c - 1)(t_{T1} + t_{T3}) + (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a - 1)(t_{T2} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Суммарное нереализованное время ожидания

$$\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} = t_{B0} - (n_c - 1)(t_{T1} + t_{T3}) - (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a - 1)(t_{T2} + t_{T4}).$$

Операционное время на базовой позиции

$$t_{0i} = t_{4B} - t_{T1} =$$

$$= n_c t_{T3} + (n_c - 1) t_{T1} + (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a)(t_{T2} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

$$t_{0i} \geq n_c t_{T3} + (n_c - 1) t_{T1} + (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a)(t_{T2} + t_{T4})$$

при $\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} \rightarrow \min.$

Расчетная цикловая производительность многостаночного обслуживания (вариант В), дет/час

$$Q_{\text{цв}} = \frac{3600 \rho n_0}{n_c (t_{T1} + t_{T3}) + (n_c^2 - \sum_{a=0}^{n_c-1} a) (t_{T2} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}}$$

Варианты Г, Д. Условия баланса

$$t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0} =$$

$$= (n_c + n_T - 1) (t_{T2} + t_{T4}) + n_c t_{T1} + n_T t_{T3} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Время цикла обработки при многостаночном обслуживании на базовой позиции

$$t_{\text{цг}} = t_{\text{цд}} = (n_c + n_T - 1) (t_{T2} + t_{T4}) + n_c t_{T1} + n_T t_{T3} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Время ожидания для базовой позиции

$$t_{B0} = (n_c + n_T - 2) (t_{T2} + t_{T4}) + (n_c - 1) t_{T1} + (n_T - 1) t_{T3} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Суммарное нереализованное время ожидания для участка станков рабочих позиций, обслуживаемых автооператором,

$$\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} = t_{B0} - (n_c + n_T - 2) (t_{T2} + t_{T4}) - (n_c - 1) t_{T1} + (n_T - 1) t_{T3}.$$

Операционное время на базовой позиции

$$t_{oi} = t_{\text{цг}} - t_{T1} = t_{\text{цд}} - t_{T1} =$$

$$= (n_c + n_T - 1) (t_{T2} + t_{T4}) + (n_c - 1) t_{T1} + n_T t_{T3} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

$$t_{oi} \geq (n_c + n_T - 1) (t_{T2} + t_{T4}) + (n_c - 1) t_{T1} + n_T t_{T3}.$$

$$\text{при } \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} \rightarrow \min.$$

Расчетная цикловая производительность многостаночного обслуживания (варианты Г, Д)

$$Q_{\text{чГ}} = Q_{\text{чД}} = \frac{3600 P n_0}{(n_c + n_T - 1)(t_{T2} + t_{T4}) - n_c t_{T1} + n_T t_{T3} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}}.$$

Для варианта Г, если $n_c = n_T$, т.е. когда автоматическая линия комплектуется с чередованием станок - транспорт, цикловая производительность описывается формулой

$$Q_{\text{чГ}} = \frac{3600 P n_0}{n_c (t_{T1} + \frac{3n_c - 2}{n_c} t_{T2} + t_{T3} + t_{T4}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}}.$$

Для варианта Д, если имеем одну ветвь транспорта при наличии n_c станков, обслуживаемых автооператором, формула производительности упрощается:

$$Q_{\text{чД}} = \frac{3600 P n_0}{n_c (t_{T1} + t_{T2} + t_{T4}) + t_{T3} + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}}.$$

Варианты Е, Ж. Формула баланса

$$t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} + t_{B0} = (n_c + n_n)(t_{T4} + t_{T1}) + n_T(t_{T2} + t_{T3}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Время цикла обработки на базовой позиции

$$t_{\text{чЕ}} = t_{\text{чЖ}} = (n_c + n_n)(t_{T4} + t_{T1}) + n_T(t_{T2} + t_{T3}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Время ожидания

$$t_{B0} = (n_c + n_n - 1)(t_{T4} + t_{T1}) + (n_T - 1)(t_{T2} + t_{T3}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}.$$

Суммарное нереализованное время ожидания

$$\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} = t_{B0} - (n_c + n_n - 1)(t_{T4} + t_{T1}) - (n_T - 1)(t_{T2} + t_{T3}).$$

Операционное время на базовой позиции

$$t_{oi} = t_{4E} - t_{T1} = t_{4Ж} - t_{T1} =$$

$$= (n_c + n_n) t_{T4} + (n_c + n_n - 1) t_{T1} + n_T (t_{T2} + t_{T3}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}$$

$$t_{oi} \geq (n_c + n_n) t_{T4} + (n_c + n_n - 1) t_{T1} + n_T (t_{T2} + t_{T3})$$

при $\sum_1^{q+p} \Delta t_{B0} \rightarrow \min.$

Расчетная цикловая производительность для вариантов Е, Ж многостаночного обслуживания

$$Q_{4E} = Q_{4Ж} = \frac{3600 \rho n_0}{(n_c + n_n) (t_{T4} + t_{T1}) + n_T (t_{T2} + t_{T3}) + \sum_1^{q+p} \Delta t_{B0}}.$$

Перевод структурного построения автоматической линии обработки вторичного вала автомобиля КамАЗа с автооператорами порталного типа, обслуживающими по одному станку (рис.42, вариант I), на автооператоры, обслуживающие по два станка (рис.42, вариант II), мог бы сократить число автооператоров на шесть единиц, а два потока автоматических линий (по варианту I) со спутниками перевести на один поток при сохранении заданной производительности. Данное видоизменение структуры и компоновки автоматической линии привело бы к уменьшению капитальных и текущих затрат для всей линии.

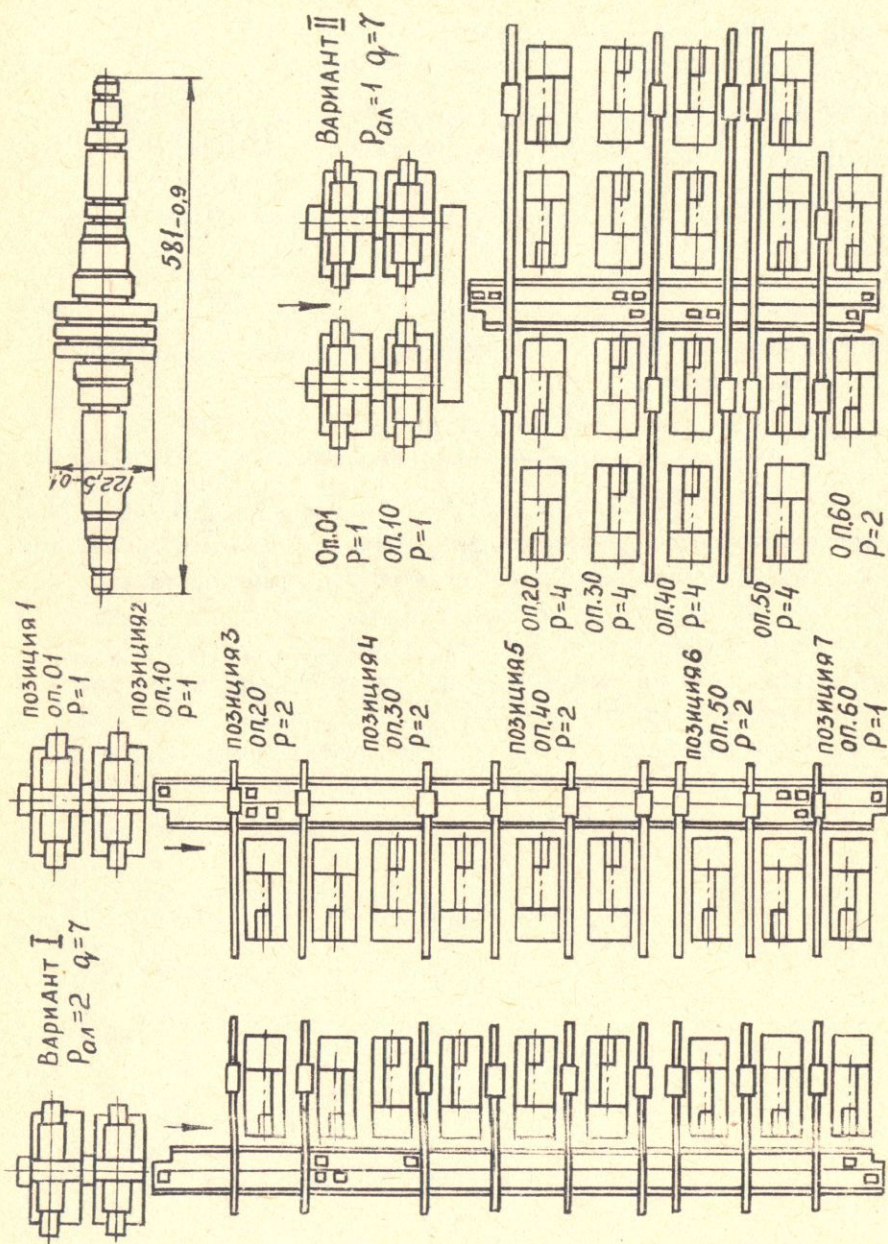


Рис. 42. Автоматические линии с применением автооператоров порталного типа: вариант I — линия, в действующая в условиях эксплуатации; вариант II — линия с автооператорами многостаночного обслуживания

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов.- М.: Машиностроение, 1973. 640 с.
2. Шаумян Г.А. Основы теории проектирования станков-автоматов и автоматических линий.- М.: Машгиз, 1949. 262 с.
3. Владзиевский А.П. Автоматические линии в машиностроении. - М.: Машгиз, 1958. ч. I. 430 с., ч. II. 340 с.
4. Эрпшер Ю.Б. Надежность и структура автоматических станочных систем.- М.: Машгиз, 1962. 152 с.
5. Царев А.М. Наладка и эксплуатация автоматических линий для обработки деталей типа валов.- М.: Машиностроение, 1979. 56с.
6. Волчкевич Л.И., Усов Б.А. Автооператоры.- М.: Машиностроение, 1974. 215 с.
7. Волчкевич Л.И. Надежность автоматических линий.- М.: Машиностроение, 1969. 308 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Развитие средств и систем автоматизации производства валов	3
Технологический процесс обработки валов.....	7
Многовариантность компоновочных исполнений токарных гидрокопировальных полуавтоматов.....	20
Многовариантность средств автоматизации загрузки и транспортирования валов.....	33
Многовариантность автоматических линий обработки валов.....	40
Производительность и надежность автоматических линий.....	44
Сравнительный анализ транспортно-загрузочных систем в автоматических линиях.....	59
Резервы повышения производительности и уменьшения стоимости автоматических линий.....	73
Литература	87

Св.план 1992г., поз.1426

Анатолий Михайлович Царев

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ
И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВАЛОВ

Редактор Н.А.Фомичева
Корректор Л.Г.Садовская

Подписано в печать 10.12.92. Формат 60х84/16.
Печать оперативная. Усл.п.л. 5,5 . Уч.-изд.л. 5,1.
Тираж 1000 экз. Заказ № 1529.
ПО "СамВен". Самара, ул. Венцека, 60.

Тольяттинский политехнический институт. Тольятти, Белорусская, 14.

