

УДК 330.138.15: 330.3: 330.5

DOI 10.21661/r-466339

В.И. Кулик, И.В. Кулик**О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СИЛЕ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА
(ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ)**

Аннотация: авторами рассматриваются два посредника: посредник между миром природы и человеком – средства труда или «основной капитал» общества, как производительная сила общественного труда, и посредник внутри общества – стоимость в форме денег, без чего нельзя определить производительность труда и структурные преобразования в обществе. В работе раскрывается инженерное понимание производительной силы и производительности технологического оборудования на примере расчёта и выбора автоматической линии.

Ключевые слова: труд, капитал, стоимостной износ, производство, обмен, распределение, потребление, предметы потребления, средства производства, средства труда, производительная сила, производительность труда.

V.I. Kulik, I.V. Kulik**ABOUT PRODUCTIVE FORCE AND LABOUR PRODUCTIVITY
(QUESTIONS OF THE THEORY AND PRACTICE)**

Abstract: the authors consider two intermediaries: the intermediary between the world of the nature and the person – means of work or "fixed capital" of a society as productive force of social activities, and the intermediary inside a society – cost in the form of money without what it is impossible to define labour productivity and structural transformations in a society. The article gives engineering understanding of productive force and productivity of the process equipment by the example of calculation and a choice of the automatic transfer line.

Keywords: work, the capital, cost deterioration, manufacture, an exchange, distribution, consumption, consumer goods, means of production, means of work, productive force, labour productivity.

Введение

Общество и его помощники – *средства труда* в виде машин ...автоматов и автоматических линий (*посредник* между природой и человеком) и *стоимость* в форме денег (*посредник* между различными видами труда, разбросанными и в пространстве и во времени в человеческом обществе), как единый организм развивает и совершенствует, как обмен веществ между собой и внешней природой, так и между отдельными индивидами и их группировками. И причиной всему стал и есть труд. Труд в этом социальном движении или процесс труда, по присущему природе всеобщему закону отражения, оставляет на предмете свой отпечаток, с одной стороны, в виде потребительной стоимости, с другой – в виде величины стоимости. В первом случае, изменяется (по законам красоты, гармонии и т. п.) окружающий человека предметный мир, а с другой стороны – форма общения индивидов, как носителей различных видов труда. Разнообразие продуктов природы и вновь создаваемых продуктов составляет естественную основу общественного разделения труда; благодаря смене тех естественных условий, в которых находит себя каждое новое поколение и в которых приходится вести своё хозяйство человеку, это разнообразие способствует умножению его собственных потребностей, способностей, средств и способов труда и общения. Развитие «орудия-посредника», или средств труда, между миром природы и человеком, воплощающего в себе, как общественную «производительную силу», так и общественный «основной капитал» рассматривать необходимо следующим образом.

Человек *отрывает* от природы предмет (вещество, энергию...) и ставит его в своём трудовом процессе между собой и предметом труда как средство, которым он воздействует на другой предмет. Затем, это *средство труда* (из палки, камня, инструмента в руках человека) превращается в *машину с ручным управлением*, где человек в системе «человек-машина» выполняет все функции процесса труда (все холостые ходы, а также функции системы управления), за исключением рабочих процессов или рабочих ходов машины. В более совершенной, развитой *машине-полуавтомате* – человек выполняет всего лишь одну операцию всего технологического процесса, как правило, – загрузку-выгрузку детали, а потому становится

всего лишь одним из механизмов несовершенной пока «рабочей машины» или «придатком машины». В *автомате или автоматической линии* (в системе машин) человек уже не участвует в самом технологическом процессе изготовления изделия, он теперь выполняет функции наладки и контроля, он становится рядом с этим процессом. Не человек с инструментом в руках теперь главный агент производства продукта, как полагает автор [2, с. 107] и как это было в мануфактурном производстве, а уже самоуправляющаяся рабочая машина или система машин, а точнее средство труда, оно, уже в свою очередь, *отрывается* от самого человека. Средство труда, как посредник между человеком и природой, воплощая теперь в себе *производительную силу*, перенесённую из человека в машину, и выполняя поставленную перед ней человеком цель, становится самостоятельным *образованием* (наделённым в особой форме функциями, – *профессией*: токарный, фрезерный, сборочный, контрольный и т. п. – автомат), живущим и развивающимся по своим («не подражая руке человека») техническим законам в материальном производстве общества или в рамках социальной формы движения.

Очеловечивание природы в форме средств труда возможно лишь в практическом, материальном преобразовании её предметности в процессе сознательно-целесообразного труда. Научно-техническая революция будет всё более отдалять человека от *непосредственного* процесса производства, предоставляя ему *свободное время* для других дел.

Обогащение жизни разумом, целеполагание новых предметов потребления, разработка принципиально новых технологических процессов и воплощение их в современных автоматизированных средствах труда (уже внедряется термин – «безлюдная технология») – это есть процесс развития производительной силы человека (с помощью микроскопа он видит невидимые атомы, а с помощью телескопа он видит далёкие звёзды и даже слышит шум далёких галактик; человек увеличил и увеличивает силу своих мышц, зрение, обоняние, осязание, быстроедействие, дальноедействие и т. п., приобретая и развивая даже то, чем не наделила его биологическая природа).

«Если бы ... способ труда, – пишет К. Маркс [9, с. 176], – [...который основан на применении средств производства] не был производительнее и не давал большего количества продукта... то его никто бы и не применял».

«Стоимость» в форме денег или «капитал» во всех его развитых формах, как посредник между людьми, порождён самим социальным движением и функционирует только в рамках социальной формы движения в самом обществе. Стоимость – уникальнейшее творение человеческой истории, универсальный инструмент сосуществования и общения различных видов труда в развитом общественном организме – породила саму науку «политическую экономию». Исторический процесс движения стоимости, как «общественного капитала», как общественного явления, есть процесс природный, объективный. Капитал – это не привилегия «капитализма». «Стоимость и деньги» – это не «пережиток капитализма» ... Проникновение в понимание трансформации «рабочего времени» в стоимостные характеристики общественного производства и проникновение в суть денежного общения людей или в суть движения общественного капитала во всех его формах может дать верное осмысление социально-экономической формы движения, потому, что мы живём в стоимостную эпоху.

В нашу стоимостную эпоху, капитал – богатство общества, но не его самоцель и понять его можно лишь как движение.

С одной стороны, со стороны обмена между обществом и природой, «производительное население общества», с помощью уже накопленных и действующих как производительная сила средств труда или с помощью производительного основного капитала общества, ежегодно воспроизводит предметы потребления, как жизненно необходимый продукт, т.е. *доход общества*, на что и затрачивается *необходимое рабочее время*, а в течение *прибавочного рабочего времени* воспроизводит, потребляемые при производстве общественного дохода, средства труда или воспроизводит *основной капитал общества*».

Это есть экономическое деление общественного организма на живой и прошлый труд, характеризующее материальный способ производства общества [5, с. 173–220].

С другой стороны, со стороны внутреннего содержания (обмен внутри общества), всё население общества делится на производительное и непроизводительное население, и если отвлечься от посредника, каким являются средства труда, или – от «общественного основного капитала», то «*доход*», как конечный продукт общества, или «предметы потребления», делится в свою очередь на *необходимую часть*, потребляемую производительным населением, и *прибавочную часть*, потребляемую непроизводительным населением, а со стороны стоимости делится соответственно на *необходимую стоимость* и *прибавочную стоимость*.

Это есть социально-политическое деление общественного организма на необходимый и прибавочный труд, характеризующее социально-политическую форму общества [5, с. 173–220].

Помня о том, что в наше время «определение стоимости остаётся господствующим» (К. Маркс), и поскольку производство прибавочного продукта, по словам Ф. Энгельса [10, с. 199], «было и остаётся основой всякого общественного политического и умственного прогресса» и в наше время, то в развитом общественном производстве любой рабочий день делится на «необходимую» и «прибавочную» части с точки зрения произведённого продукта, затраченного на его производство рабочего времени, созданной стоимости и т. д. Когда в обществе уже действует закон стоимости, а прибавочная стоимость, воплощённая в прибавочном продукте, созданном прибавочным трудом, приобрела уже различные формы своего существования, то её воспроизводство не только закреплено теперь экономически, но и производство её преследуется различными целями в зависимости от формы общественного строя. В чьих руках *посредники*: средства труда и деньги, т. е. основной и денежный капитал общества, или *право распоряжаться* производительным капиталом и доходом общества, т.е. в чьих руках *собственность на средства труда и результаты труда*, а потому и «та форма, – [11, с. 223], – в которой этот прибавочный труд выжимается из непосредственного производителя, из рабочего, отличает экономические формации общества».

1. Производительная сила и производительность технологического оборудования (вопросы науки и практики)

В научной и учебной технической и экономической литературе существуют выражения: *производительность* станка, автомата ... автоматической линии [штук/смену...], *производительность* двигателя [кВт/час], *производительность* экскаватора [$m^3/час$], и так далее. Во всех этих выражениях мы обнаруживаем в числителе – продукт, в знаменателе – время. В этих выражениях «производительной силы машины» нет ни чего экономического. «Производительная сила» и «производительность труда» – это различные понятия.

«Машина – это только производительная сила» [7, с. 152]

Поэтому, *вынуждено* используя выражения: *производительность* станка, автомата ... автоматической линии [$\frac{\text{штук}}{\text{час}}$, $\frac{\text{штук}}{\text{смену}}$... $\frac{\text{штук}}{\text{время}}$], как *производительность* технологического оборудования, мы будем понимать, прежде всего, под этим *производительную силу машины*. А под *производительностью* любого технологического оборудования мы понимаем отношение:

$$\left[\frac{\text{продукт}}{\text{затраты труда}} \right] \rightarrow \left[\frac{\text{штук}}{\text{рубль}} \right].$$

Чем больше продукта производит машина в единицу времени, тем больше её производительная сила, чем меньше своей стоимости (изнашиваясь, потребляясь ...) переносит машина на этот продукт, в производстве которого она участвует, тем выше её производительность.

«Только в крупной промышленности человек научается заставлять продукт своего прошлого, уже овеществлённого труда действовать в крупном масштабе даром, подобно силам природы», [9, с. 394].

«Чем меньше стоимости они (машины) передают продукту, тем они производительнее и тем более приближаются они по своей службе к силам природы», [9, с. 396].

«Но кроме материального снашивания машина подвергается, так сказать, и моральному снашиванию. Она утрачивает меновую стоимость, по мере того как машины той же конструкции начинают воспроизводиться дешевле или лучшие машины вступают с ней в конкуренцию», [9, с. 410].

Производительность (*производительная сила!*) является важным критерием в оценке качества станков.

Производительная сила станка – это его способность давать определённое количество годной продукции в единицу времени.

Специалисты с профессиональным оттенком относятся к этим понятиям.

Различный процесс обработки, смотри табл. 1, (заложенный в основу станка, как рабочей машины) сам имеет различную производительность (или производительную силу). Это так называемая в литературе [3; 4] «технологическая производительность процесса обработки (например, резания)».

Дальнейшее исследование ведётся здесь по мотивам работ [3, 4, 5].

1. *Производительность (производительная сила!) резания* характеризуется объёмом материала, удаляемого с заготовки в единицу времени. Методов и способов снятия металла с заготовки очень много!

Таблица 1

Производительность некоторой размерной обработки усреднённая

Вид обработки	Произв. см ³ /мин	Уд. мощность, кВт. Мин/см ³	Вид обработки	Произв. см ³ /мин	Уд. мощность, кВт. мин/см ³
Точение	1500	0,06	Электрохимическая	15	10
Шлифование	800	0,6	Ультразвуковая	1	25
Электроискровая	15	1,0	Лазерная	0,01	4000

2. Есть понятие – *производительность (производительная сила!) формообразования*, которое характеризуется площадью поверхности или суммарной площадью нескольких k поверхностей, одновременно обрабатываемых на станке в единицу времени.

$$Q_{\text{форм}} = \sum_1^k \frac{V_{pi} \times n_O}{L_i} \times \frac{t_p}{T};$$

где: V_{pi} – скорость относительного перемещения режущего инструмента по образующей линии поверхности;

L_i – путь рабочих движений;

n_O – число деталей, одновременно обрабатываемых;

t_p – время резания;

T – продолжительность всего цикла.

Оба эти критерия удобны при сравнении различных способов обработки поверхностей и подсчёта «технологической производительности», но они не определяют производительности станка, так как не учитывают много вспомогательных операций, выполняемых на станке помимо обработки и многое другое.

3. *Штучная (производительная сила!) производительность*, как наиболее употребляемая, характеризуется величиной годной продукции, выпущенной в единицу времени

$$Q = \frac{z}{\theta} = \frac{1}{\frac{\theta}{z}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_x + t_{\Sigma\Pi}} \left[\frac{\text{штук}}{\text{минута}}, \frac{\text{штук}}{\text{час}}, \frac{\text{штук}}{\text{смена}} \dots \right], \quad (*)$$

где Q – производительность; θ – время, за которое произведено z штук изделий, T – время цикла (т. е. время изготовления одной или партии деталей).

Итак, *штучная производительность* характеризуется величиной, обратной затратам времени на обработку одной детали (или времени цикла T), рис. 1.

1. Если в машине процесс обработки осуществляется непрерывно (без холостых ходов и простоев), то есть машина «непрерывного действия, абсолютной надёжности и бесконечной долговечности», то *производительная сила машины* определяется *производительностью технологического процесса* (см. табл. 1).

$$k = \frac{1}{t_p} \left[\frac{\text{штук}}{\text{мин}}; \frac{\text{штук}}{\text{час}} \dots \right] - \text{технологическая (производительная сила!) про-}$$

изводительность (1)

2. Если в машине процесс обработки прерывается на выполнение холостых ходов цикла, то *производительная сила машины* называется *производительностью цикловой*.

$$Q_{\text{Ц}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_x} \left[\frac{\text{штук}}{\text{мин}}; \frac{\text{штук}}{\text{час}} \dots \right] - \text{цикловая (производительная сила!) про-}$$

изводительность (2)

3. Если в машине процесс обработки прерывается на выполнение холостых ходов цикла и на устранение технических неполадок, т.е. она останавливается по

вине *внецикловых потерь*, вызванных сбоем в работе оборудования, то *производительная сила машины* называется *производительностью технической*.

$$Q_T = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_x + t_{mex}} \left[\frac{\text{штук}}{\text{мин}}; \frac{\text{штук}}{\text{час}} \dots \right] - \text{техническая (производительная сила!)} \text{ производительность (3)}$$

4. Если в машине процесс обработки прерывается на выполнение холостых ходов цикла, и она останавливается по вине *внецикловых потерь* любого вида, то *производительная сила машины* называется *производительностью фактической*.

$$Q_\Phi = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_x + \sum t_{\Pi}} \left[\frac{\text{штук}}{\text{мин}}; \frac{\text{штук}}{\text{час}} \dots \right] - \text{фактическая (производительная сила!)} \text{ производительность (4)}$$

Производительная сила машин Q в приведённых формулах в свою очередь подробно раскрывается через такие первичные параметры как технология, конструкция и компоновка машин, надёжность машин, уровень их эксплуатации и другие параметры, чем и занимается инженер-механик станкостроитель, знающий технологию, станки и инструмент, и создающий новые технологические процессы, и воплощающий их в новейшее автоматизированное технологическое оборудование, с целью увеличения производительной силы машин.

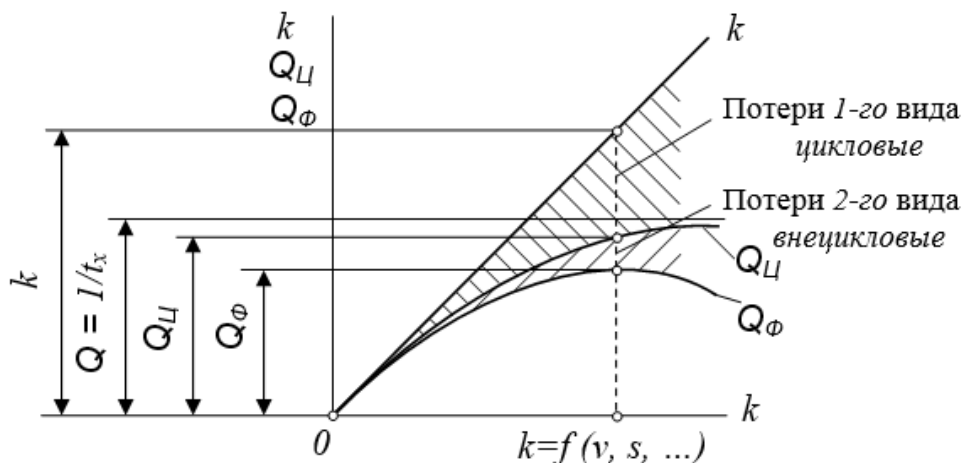


Рис. 1. Зависимость производительной силы от затрат времени

На рис. 1 показаны графики изменения различных, выше показанных, определений производительности (*производительной силы!*) технологических машин в зависимости от интенсификации режимов обработки.

В практике инженерных расчётов и анализа работающего в производственных условиях технологического оборудования, с целью выявления причин простоев автоматизированного оборудования, сокращения времени простоев и повышения производительности оборудования, используется (строится) баланс производительности, рис. 2.

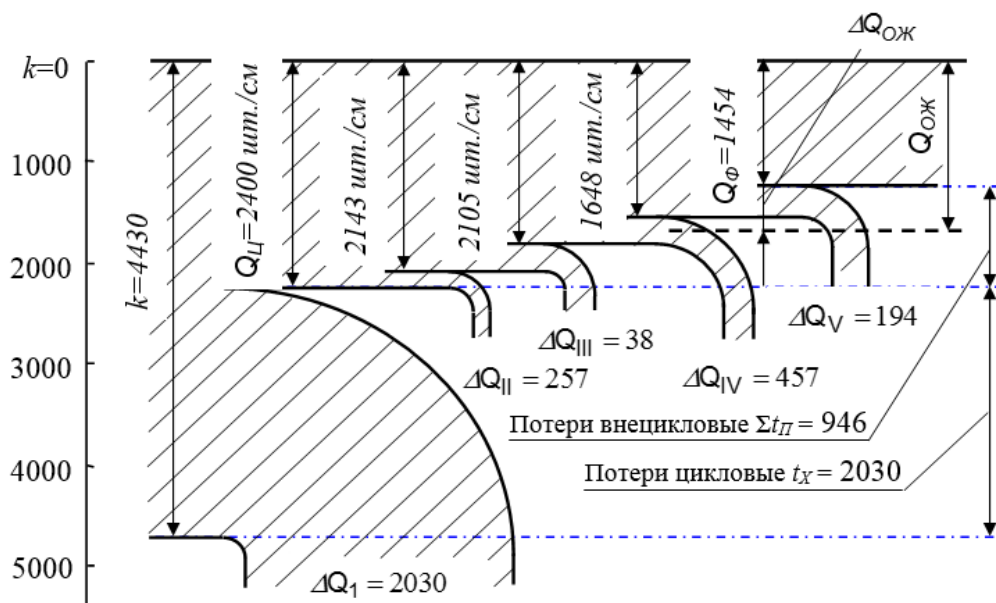


Рис. 2. Баланс производительности

Из «баланса производительности» мы можем увидеть, что заложенный в основу рабочей машины технологический процесс может дать 4430 деталей в смену, т. е. «технологическая производительность» $k = 4430 \text{ шт./см.}$ Но нам не удалось спроектировать машину непрерывного действия, и потому цикл работы машины делится на рабочие и холостые ходы, т. е. $t_x + t_p = T$, и потому «цикловая производительность» $Q_о = \frac{1}{T} = 2400 \phi \delta / \tilde{n} \dot{\iota}$. На этом мы потеряли $\Delta Q_1 = 2030$ штук в смену. Всё это мы подсчитали, сидя за столом инженера-механика – конструктора, знающего технологию, станки и инструмент. Затем наш станок-автомат изготовили и отдали производственнику в цех. И там, в производственных условиях, добавляются новые потери, $\Delta Q_i = [\text{ШТУК/СМЕНУ}]$:

- $\Delta Q_{II} = 257$ – потери по инструменту;
- $\Delta Q_{III} = 38$ – потери по оборудованию;
- $\Delta Q_{IV} = 457$ – потери по организационно-техническим причинам;
- $\Delta Q_V = 194$ – потери по браку;
- $\Delta Q_{VI} = 0$ – потери по переналадке при переходе на новое изделие.

В совокупности эти «внецикловые потери» рабочего времени отняли у нас ещё 946 деталей в смену. Простой оборудования в производственных условиях определяются путём снятия «фотографии рабочего дня», т. е. наблюдения за работой оборудования в течение 15–17 рабочих смен. Эти наблюдения позволяют также определить: коэффициент производительности машины, коэффициент технического использования, коэффициент использования, коэффициент загрузки и другие понятия, характеризующие работу машины в производственных условиях и в целом.

В результате такой «производственной жизни» нашей техники мы получаем фактическую производительность равную $Q_{\Phi} = 1454 \text{ шт./см.}$

После анализа работы оборудования и принятия возможных мероприятий по сокращению потерь времени в производственных условиях, мы можем повысить производительность автомата на величину $\Delta Q_{OЖ}$ и получить ожидаемую производительность равную $Q_{OЖ}$ [деталей в смену].

Инженер-механик, конструктор-станкостроитель борется за каждую секунду времени сокращения рабочего цикла станка (создавая менее дорогие и более надёжные машины), за каждую секунду времени сокращения «внецикловых потерь» своих машин, работающих в производственных условиях, стремясь создать «технологичное», «неметаллоёмкое», «неэнергоёмкое» ... высокопроизводительное оборудование производственного процесса.

Приведённые выше, казалось бы, простые формулы в работах [3; 4] подробно раскрываются через технологические, конструктивные, структурные, организационные и другие параметры производственного процесса, к чему мы и перейдём в своём исследовании на примере создания автоматической линии.

Здесь речь шла и идёт пока о *производительной силе машин*.

2. Производительная сила и производительность автоматической линии

Здесь мы от понятия *производительной силы* переходим к понятию *производительности* на примере проектирования автоматической линии.

Покажем кратко методику расчёта и выбора оптимального варианта автоматизации на примере построения автоматической линии обработки ступенчатого вала. Чертёж изделия – ступенчатый валик с указанием всех поверхностей, подлежащих обработке – основной технический документ, а зачастую, и единственный. Кроме того, программа выпуска изделия $Q_{TP} = 420 \text{ шт./смену}$ задаётся с требуемым увеличением, например, 10%, т. е. $\Delta Q_{TP} = 42 \text{ шт./смену}$, или $Q_{TP} = Q_{MIN} = 420 \text{ шт./смену}$, $Q_{TP} = Q_{MAX} = 462 \text{ шт./смену}$, и т. д.

2.1. Выбор оптимального варианта автоматизации при проектировании автоматической линии.

В связи с возрастающей ролью автоматизации производственных процессов в развитии народного хозяйства страны важное значение приобретают проектно-исследовательские работы в этой области.

Большой круг технологических и производственных задач, решаемых системой сложного технологического оборудования, предопределяет повышенную сложность, ответственность, трудоёмкость и многовариантность её проектирования и эксплуатации.

При создании технических и технологических комплексов, автоматических систем машин, всё больше технологических, конструктивных, компоновочных решений должно выбираться на основе научных исследований и эксперимента при высокой квалификации разработчиков – конструкторов и технологов. Сегодня стираются грани между проектантами и исследователями, а умение проводить научные исследования становится для инженера необходимостью. Поэтому инженеры, занятые проектированием и эксплуатацией автоматизированного оборудования, должны владеть системным подходом при поиске оптимальных решений многовариантных задач автоматизации производства на стыке технических и экономических наук.

Задача расчёта и проектирования автоматов и автоматических линий всегда является многовариантной.

В техническом задании на проектирование автоматической линии содержится, как правило, минимальное количество исходных данных, определяющих требования качества и количества обрабатываемых изделий, а также конкретные условия эксплуатации и использования линии. К ним относятся: требования качества – чертежи заготовки и обрабатываемой детали со всеми техническими условиями на точность формы, размеров и взаимного положения обрабатываемых поверхностей; требования количества – заданная программа выпуска и её наращивание по годам, сменность работы; дополнительные условия – планировка цеха или участка, где намечено смонтировать автоматическую линию, с указанием мест проходов и проездов, расположение колонн; данные о цеховой энергосистеме и пневмосети и т. д.

Все остальные параметры – методы, маршрут и режимы обработки; количество рабочих и холостых позиций, потоков обработки, участков-секций; количество и тип межоперационных накопителей; тип и функции системы управления; структурно-компоновочная схема линии и тип основного оборудования, механизмов и устройств; количество обслуживающих рабочих, система эксплуатации инструмента и др. – выбираются в процессе проектирования.

Каждому технически возможному сочетанию этих параметров соответствуют различные величины производительной силы и производительности линии, её стоимости, себестоимости выпускаемой продукции и т. д., поэтому сочетание перечисленных и других параметров должно обеспечить выполнение заданных требований по количеству и качеству обрабатываемых изделий и производительности с наилучшими экономическими показателями.

Методология выбора оптимального варианта проектируемой линии основана на том, что сначала формируется совокупность технически возможных вариантов по критерию качества изделий. Затем по критерию заданной производительности отбирается ограниченное число вариантов, из которых и выбирается наиболее выгодный по экономическим критериям.

Поскольку требования качества обрабатываемых изделий обеспечиваются в первую очередь путём выбора методов и маршрутов обработки, инструмента, технологических баз, режимов обработки и т. д., то создание автоматической линии и начинается с разработки технологического процесса. Выбор же структурно-компоновочных вариантов линии следует непосредственно за разработкой технологического процесса. В завершении проводят сравнительный экономический анализ конкурирующих вариантов линии и выбор оптимального варианта как основы для дальнейшего проектирования.

Автоматизация производственных процессов в машиностроении является мощным средством повышения *производительной силы труда*, поэтому важнейшим фактором, определяющим эффективность того или иного возможного варианта автоматической линии при её проектировании, является *производительная сила самой линии*, которая согласно общим положениям теории производительности [3; 4] есть величина обратная длительности рабочего цикла линии и внецикловым потерям (простоям в производственных условиях, приходящимся на единицу выпущенной продукции).

Ожидаемая производительная сила, которая обуславливает выбор структурно-компоновочного варианта линии, рассчитывается по формуле

$$Q_{r\infty} = \frac{480 p}{t_{p(q)} + t_{x1} + t_{x2} + \frac{\sum C_i + q t_e \cdot W}{n_y}} \cdot \eta_3 \left[\frac{\phi \dot{o} \acute{o} \acute{e}}{\tilde{m} \acute{a} \acute{i} \acute{o}} \right], \quad (5)$$

где 480 – временной коэффициент, равный $8 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} = 480 \text{ мин}$; p – число независимых параллельных потоков обработки; η_3 – коэффициент загрузки, характеризующий степень загруженности автоматической линии всем необходимым для работы; W – коэффициент возрастания внецикловых потерь вследствие некомпенсированных простоев соседних участков, т. е. из-за неполной компенсации простоев станков накопителями на границах участков ($W > 1$), как характеристика эксплуатации линии; $t_{p(q)}$ – время рабочего хода линии как функция принятых режимов обработки и числа позиции – q , причём: а) если длительность обработки можно дифференцировать на равные части ($t_{pi} = \text{const}$), то длительность

рабочего хода линии $t_{p(q)} = t_{pi} = t_{po}/q$, здесь t_{po} – общая длительность обработки детали (с учётом совмещения операций); б) если длительность отдельных основных операций неодинакова ($t_{pi} \neq \text{const}$), то $t_{p(q)} = t_{p \max}$, здесь $t_{p \max}$ – максимальная по длительности основная (несовмещённая) операция; q – число рабочих позиций (станков) в автоматической линии, на которых осуществляется полный объём обработки детали; n_y – число участков автоматической линии $1 \leq n_y \leq q$, (участок – не более 2-х станков); t_e – внецикловые потери одного позиционного комплекта механизмов, т. е. потери по оборудованию одной позиции линии как характеристика надёжности; когда потери всех позиций линии равновелики, суммарные потери по оборудованию $q t_e$; $\sum C_i$ – суммарные потери по инструменту (потери II вида, простои линии по инструменту, приходящиеся на одно изделие) или ожидаемые внецикловые потери комплекта инструмента как характеристика надёжности; потери III вида, t_{x1} – время зажима и разжима заготовки, подвода и отвода суппортов на лимитирующей позиции линии; t_{x2} – время транспортирования детали из позиции в позицию; $t_x = t_{x1} + t_{x2}$ – время холостых ходов цикла как функция выбранного варианта компоновки линии.

Автоматизация производственных процессов, с одной стороны, повышает *производительную силу* самих рабочих машин, а с другой стороны, является также могучим средством, позволяющим решать задачу повышения *производительности труда*, поэтому важнейшим фактором, определяющим экономическую эффективность того или иного возможного варианта автоматической линии, является *производительность общественного труда*, которая оценивается путём сопоставления результатов трудового процесса – количества выпущенной продукции – с суммарными трудовыми затратами в деньгах, необходимыми для её выпуска за некоторый интервал времени, например за год, или равный сроку службы машины за n лет.

$$\dot{I}_T = \frac{Q_{\bar{A}} n}{T_{\bar{I}} + n(T_{\bar{N}} + T_{\bar{E}})} = \frac{Q_{\bar{A}}}{\frac{T_{\bar{I}}}{n} + T_{\bar{N}} + T_{\bar{E}}} \left[\frac{\phi \delta \acute{o} \acute{e}}{\delta \acute{o} \acute{a} \acute{e} \ddot{u}} \right], \quad (6)$$

где Q_{Γ} – годовой фактический выпуск продукции; T_{Π} – единовременные затраты прошлого труда, необходимые для покупки или создания машин, оборудования,

зданий, сооружений и т. д.; T_C – текущие затраты прошлого труда, которые включают в себя часть овеществлённого труда, затрачиваемую на основные и вспомогательные материалы, запчасти, инструменты, электроэнергию, топливо, смазку и т. п., необходимые для производства изделий – продукта данного производственного процесса; $T_{Ж}$ – текущие затраты живого труда обслуживающих рабочих, которые, используя средства труда, создают новые материальные ценности – новый продукт. Таким образом, производственный процесс обеспечивается единством рабочей силы и средств производства, т. е. совместными годовыми затратами живого труда $T_{Ж}$, средств труда $T_{П}$ и предметов труда T_C . Инструментом, объединяющим все эти затраты являются *стоимость в форме денег*. В формуле (б) величина n – не текущее время, а возможные сроки службы как, вообще говоря, переменная величина, точно неизвестная в процессе проектирования.

Кроме того, задаётся программа выпуска изделия $Q_{TP} = 420 \text{ шт./смену}$, задаётся с требуемым увеличением, например, 10%, т. е. $\Delta Q = 42 \text{ шт./смену}$, или $Q_{TP} = Q_{min} = 420 \text{ шт./смену}$, $Q_{max} = 462 \text{ шт./смену}$.

Вначале разрабатывается технологический процесс и выбирается технологическое оборудование.

Типовой технологический маршрут обработки, исходя из обеспечения требуемой точности, составляют следующие процессы: 1-й – фрезерование торцов (два торца); 2-й – зацентровка торцов (два отверстия); 3-й – черновая токарная обработка всех шеек вала (пять поверхностей); 4-й – чистовая токарная обработка тех же шеек вала (пять поверхностей); 5-й – прорезка канавок (четыре канавки); 6-й – обточка фасок (две фаски).

Для выполнения этих переходов могут быть использованы фрезерные, сверлильные, фрезерно-центровальные, гидрокопировальные, токарные многолезцовые станки. Технологический процесс смотри дальше.

2.2. Разработка технологического процесса.

Определение варьируемых параметров проектируемой линии.

Таким образом, в числе варьируемых параметров будущей линии остаётся:

1 – число рабочих позиций обработки q ; в данном случае – количество однопозиционных станков, выполняющих общий объём обработки;

2 – число независимых параллельных потоков обработки p ;

3 – число участков-секций n_y , на которые разделена линия, как численная характеристика межагрегатной связи ($1 \leq n_y \leq q$);

4 – компоновочный вариант линии, характеризуемый взаимным пространственным расположением станков и элементов транспортной системы;

5 – технологические режимы обработки;

6 – вместимость межоперационных накопителей;

7 – число наладчиков при обслуживании линии.

Технические решения по вариационным параметрам 1, 2, 3, 4 принимают только в процессе проектирования, они не могут быть изменены при эксплуатации оборудования. Вариационные параметры 5, 6, 7 могут варьироваться не только в процессе проектирования, но и при эксплуатации; кроме того, интервалы вариации здесь, как правило, минимальны. Поэтому целесообразно считать основными следующие вариационные параметры: число рабочих позиций обработки q ; компоновочный вариант линии; число участков-секций n_y ; число параллельных потоков обработки p .

Остальные параметры – режимы обработки v в метрах в минуту, вместимость накопителей E в минуту и число станков, обслуживаемых одним наладчиком Z_H – принимаем в дальнейшем в качестве не варьируемых (считаем их заданными по умолчанию). Так, вместимость накопителей целесообразно выбирать в пределах $E = 30...40$ мин, что обеспечивает межучастковое наложение потерь не более 5...8%, а число станков, обслуживаемых одним наладчиком, принимаем $Z_H = 6$.

Таким образом, на стадии разработки технического предложения в качестве постоянных, заданных по величине параметров следует считать основные характеристики технологического процесса (виды и методы, маршрут и режим обработки). Это позволяет рассчитать в качестве исходных данных длительность t_{pi} всех технологических переходов – обработку элементарных поверхностей

изделия. Для ступенчатого вала, приведённого на рис. 3, величины t_{pi} приведены в табл. 2.

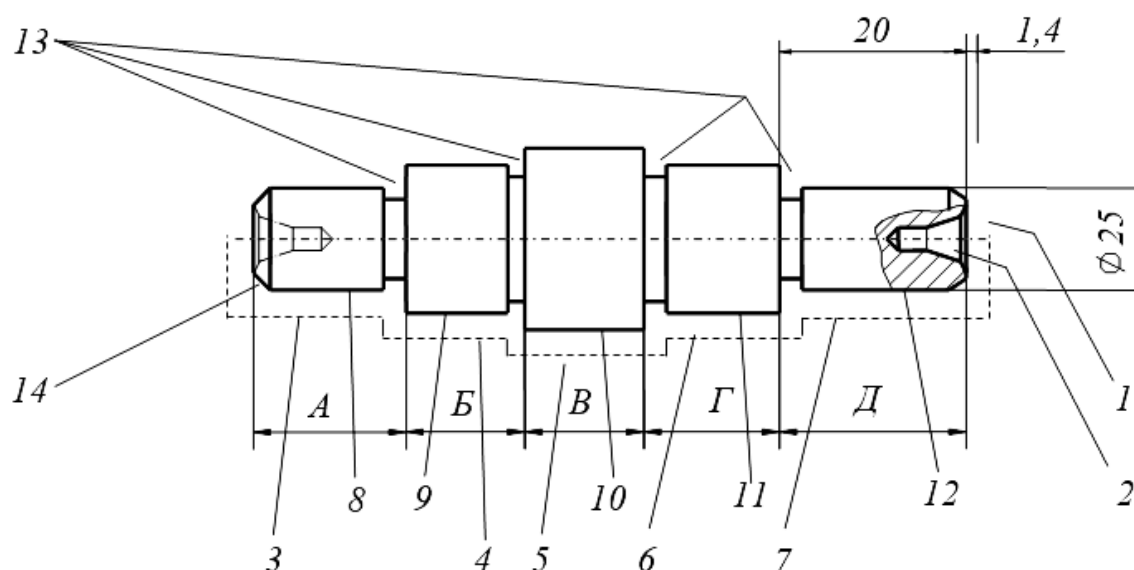


Рис. 3. Чертёж изделия – многоступенчатый вал

В отличие от универсального станочного оборудования с ручным управлением, где ступенчатый вал может быть обработан полностью на одном токарном станке ($q_{min} = 1$), полуавтоматы и автоматы, которыми укомплектовываются автоматические линии, являются специализированными конструкциями. Первые два перехода (1, 2) выполняются обычно на фрезерно-центровальных станках, остальные – на гидрокопировальных. Поэтому минимальное число рабочих позиций обработки ступенчатого вала можно принять равным $q_{min} = 4$.

Таким образом, распределение переходов по позициям и их длительность при $q = 4$ в соответствии с приведёнными (табл. 2) данными:

позиция I	фрезерование и зацентровка торцов	$t_{pI} = 0,20 + 0,10 = 0,30$ мин
позиция II	черновое и чистовое обтачивание шеек А, Б, В	$t_{pII} = 0,30 + 0,40 + 0,50 + 0,25 + 0,05 + 0,40 = 2,20$ мин
позиция III	черновое и чистовое обтачивание шеек Г, Д	$t_{pIII} = 0,40 + 0,35 + 0,35 + 0,30 = 1,40$ мин;
позиция IV	прорезание канавок и снятие фасок (совмещены во времени).	$t_{pIV} = t_{p13} = 0,20$ мин.

На станках второй и третьей позиции необходимо осуществлять поворот детали.

Таблица 2

Технологические времена обработки элементарных поверхностей детали

Номер перехода	Вид обработки элементарной поверхности по переходам	Обозначение времени	Время мин
1	2	3	4
1	Фрезерование торца	T_1	0,2
2	Зацентровка	T_2	0,1
	Черновая обработка:		
3	шейки А	T_3	0,3
4	шейки Б	T_4	0,4
5	шейки В	T_5	0,5
6	шейки Г	T_6	0,4
7	шейки Д	T_7	0,35
	Чистовая обработка:		
8	шейки А	T_8	0,25
9	шейки Б	T_9	0,35
10	шейки В	t_{10}	0,4
11	шейки Г	t_{11}	0,35
12	шейки Д	t_{12}	0,3
13	Прорезка канавки	t_{13}	0,2
14	Снятие фаски	t_{14}	0,1

Считая временем рабочего хода линии время обработки на лимитирующей (с самым длительным рабочим временем) позиции, в данном случае – позиции П, получим для четырехпозиционного варианта построения линии $t_{p(4)} = 2,20$ мин.

Укрупнённый расчёт ожидаемой производительности при $t_{p(4)} = 2,20$ мин, $t_{x1} = 0,012$ мин, $t_{x2} = 0,15$ мин, $\sum C_i = 0,12$ мин/шт., $t_e = 0,02$ мин/шт., $q = 4$, $n_y = 1$, $W = 1$, $\eta_3 = 0,85$ как наиболее дешёвого и простого варианта линии показывает, что однопоточная линия с жёсткой межагрегатной связью не обеспечивает заданного уровня производительности ($Q_{mp} = 420$ шт./смену):

$$Q_{f\infty} = \frac{480 p}{t_{p(q)} + t_{x1} + t_{x2} + \frac{\sum C_i + q t_e \cdot W}{n_y}} \cdot \eta_3 =$$

$$= \frac{480 \cdot 1}{2,20 + 0,012 + 0,15 + \frac{0,12 + 4 \cdot 0,2}{1}} \cdot 0,85 = 159,25 \text{ шт./смену}$$

Как видим, при $q = 4$, $Q_{ож} < Q_{тр}$. При $Q_{ож} \geq Q_{тр}$ дальнейшей оптимизации структурного варианта не требуется. Дальнейшая дифференциация технологического процесса на большее число позиций линии ($q > 4$) может производиться главным образом дроблением токарной обработки лимитирующих позиций. Обработка на лимитирующей по времени позиции разделяется на две части для сокращения времени рабочего хода линии: $t_{p(q+1)} < t_{p(q)}$.

Здесь чистовая обработка шейки B , где $t_{pi} = 0,35$ мин, является не дифференцируемой операцией по техническим условиям, так как характеризуется более высокими требованиями точности, и потому наличие следов (неизбежных при дроблении длины чистовой токарной обработки) на поверхности шейки B не допускается. Поэтому дифференциацию ведут до условия пока время рабочих ходов во всех позициях не станет равным $t_{pi} \leq 0,35$ мин, при этом $q = 16$. Следовательно, $q_{max} = 16$; $t_{p(16)} = 0,35$ мин.

Здесь цикл, время, за которое изготавливается вал, равен

$$T(q) = t_p(q) + (t_{x1} + t_{x2}).$$

Таблица 3

Зависимость времени рабочих ходов и цикла от числа позиций линии

q	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$t_p(q)$	2,20	1,40	1,20	1,0	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,35
$T(q)$	2,36	1,56	1,36	1,16	0,91	0,86	0,81	0,76	0,66	0,56	0,56	0,56	0,51

Результаты расчётов зависимости времени рабочих ходов $t_p(q)$ и продолжительности цикла $T(q)$ от числа рабочих позиций q линии приведены в табл. 3, а ожидаемая производительность автоматической линии по вариантам – в табл. 4.

2.3. Первый этап – выбор компоновочного варианта транспортно-загрузочной системы или компоновочной схемы линии.

В практике имеется более десятка компоновочных вариантов, здесь приводятся три типовых варианта компоновки однопоточных автоматических линий для обработки ступенчатых валов (рис. 4), которые различаются величиной и направленностью транспортных перемещений обрабатываемых деталей, значение $t_x = t_{x1} + t_{x2}$ для каждого из них различно и служит их частной

характеристикой. Критерием укрупненного сравнительного анализа и выбора оптимального компоновочного варианта могут служить удельные капитальные затраты как абсолютная стоимость, отнесённая к единице выпущенной продукции. Методику выбора компоновочного варианта смотри в работах [3; 4].

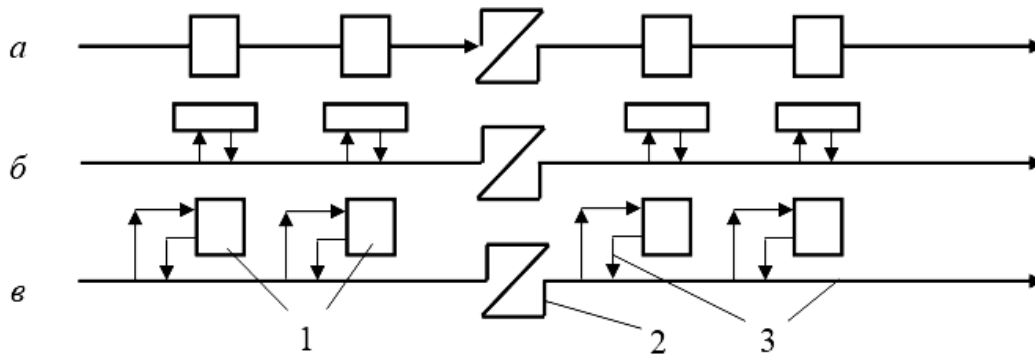


Рис. 4. Компоновочные варианты однопоточных автоматических линий для обработки ступенчатых валов:

1 – станки; 2 – магазин-накопитель; 3 – транспортные потоки; а – линия со сквозным транспортированием изделий через рабочие зоны станков $t_{x1} = 0,012$; $t_{x2} = 0,15$; $t_x = 0,162$; б – линия с боковым продольным транспортированием изделий и расположением станков вдоль основного транспортёра $t_{x1} = 0,015$; $t_{x2} = 0,20$; $t_x = 0,215$; в – линия с боковым продольным транспортированием изделий и поперечным расположением станков вдоль основного транспортёра $t_{x1} = 0,02$; $t_{x2} = 0,22$; $t_x = 0,24$ (время t_x в минутах)

Зачастую выбор компоновочного варианта транспортной системы определяется конъюнктурными соображениями. Предприятие и организации, спроектировав «свои» транспортные системы, komponуют линии только на их основе. Хотя это даёт ряд преимуществ для проектантов из изготовителей (комплектность технической документации, отработанность технологических процессов изготовления и сборки, наличие необходимой технологической оснастки и др.), тем не менее, целесообразно иметь не менее двух-трёх систем, выбирая каждый раз оптимальную.

2.4. Второй этап – отбор вариантов проектируемой линии, удовлетворяющих условиям заданной производительной силе.

Второй этап оптимизации заключается в отборе из общего числа оставшихся вариантов ($i(qnp) = 150$) лишь тех, которые удовлетворяют заданным

условиям производительности $420 \leq Q_{ал} \leq 462$ шт./смену, т. к. в приводимом здесь примере $Q_{mp} = Q_{min} = 420$ шт./смену, $Q_{max} = 462$ шт./смену. Расчёты ожидаемой производительности проектируемой автоматической линии, выполненные (на ЭВМ по составленной авторами программе) по формуле (1), дали результаты, приведённые в табл. 4.

Таблица 4

Ожидаемая производительность автоматической линии по вариантам

Q	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$t_p(q)$, мин	2,2	1,4	1,2	1,0	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,35
	$Q_{ож}, \text{шт./смену}$												
$n_y = 1$	159	229	255	287	342	351	360	370	399	433	424	415	429
$n_y = 2$	165	242	273	313	383	397	413	430	474	529	522	515	541
$n_y = 3$	–	–	281	323	400	418	437	457	510	576	570	564	599
$n_y = 4$	–	–	–	–	410	429	450	473	531	605	600	595	636
$n_y = 5$	–	–	–	–	–	–	459	484	545	625	620	616	661
$n_y = 6$	–	–	–	–	–	–	–	–	574	638	634	630	678
$n_y = 7$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	646	642	693
$n_y = 8$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	705
$n_y = q$	169	253	289	338	427	452	479	510	584	683	684	684	749

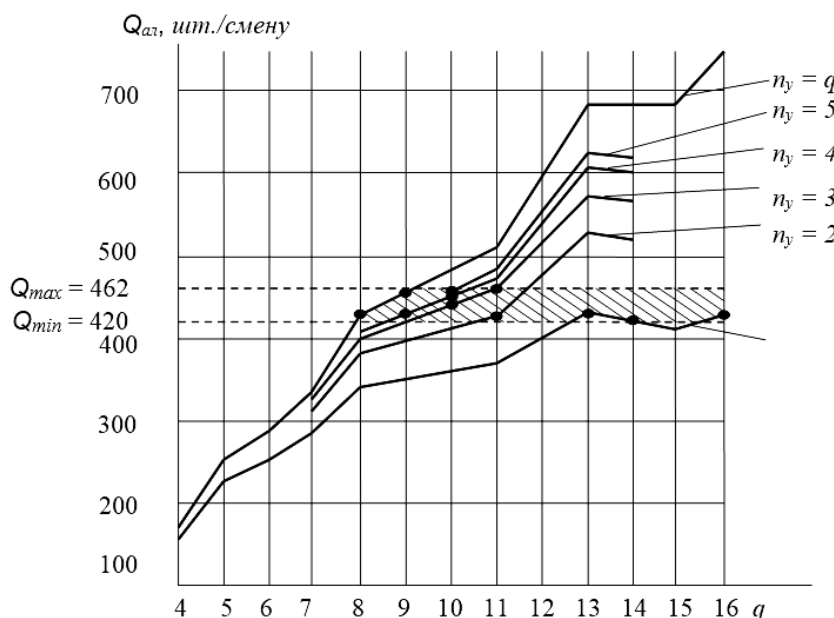


Рис. 5. Диаграмма ожидаемой производительности однопоточных вариантов построения автоматической линии, отличающихся числом позиций и участков секций

Используя результаты расчёта, строим графики ожидаемой производительности, см. диаграмму на рис. 5. Диаграмма строится следующим образом.

На оси абсцисс откладываются значения q ($q_{min} = 4, 5, 6 \dots, q_{max} = 16$), а по оси ординат значения производительности Q_i , так чтобы посередине диаграммы были значения Q_{min} и $Q_{max} = Q_{min} + \Delta Q$. В нашем примере $Q_{min} = Q_{TP} = 420$ шт./смену, $Q_{max} = 462$ шт./смену. Относительно этих значений производительности проводят две пунктирные линии, параллельные оси q , между которыми находится зона ожидаемых значений Q_i , удовлетворяющих заданным условиям.

Простейшая однопоточная линия с жёсткой межагрегатной связью ($p = 1, q = 4, n_y = 1$) имеет реальную производительность намного ниже требуемой ($Q = 159$ шт./смену).

Как видно из приведённых данных, только 11 конкурирующих вариантов однопоточной линии (отмечены точками в заштрихованной зоне, см. рис. 5) удовлетворяют требуемому диапазону производительности. Они приведены в табл. 5 в порядке возрастания ожидаемой производительности.

Таблица 5

Параметры конкурирующих вариантов проектируемой линии

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
q	14	8	9	16	11	13	10	10	9	11	10
n_y	1	9	4	1	2	1	3	4	9	3	5
Q , шт./смену	424	427	429	429	430	433	437	450	452	457	459

2.5. Третий этап – отбор вариантов проектируемой линии, имеющих наилучшие, близкие между собой показатели экономической эффективности, – по критерию производительности.

Третьим этапом оптимизации является отбор из числа конкурирующих вариантов, удовлетворяющих требуемой производительной силе, т. е. производительности линии, нескольких наилучших близких по экономическим критериям (сроки окупаемости, эффективность капиталовложений, приведённые затраты, уровень производительности труда и т. д.) вариантов.

Раньше было сказано: «Чем больше продукта производит машина в единицу времени, тем больше её *производительная сила*, при этом, чем меньше своей

стоимости (изнашиваясь, потребляясь ...) переносит машина на этот продукт, в производстве которого она участвует, тем выше её *производительность*».

Поскольку в производстве продукта участвуют: средства труда, сырые и вспомогательные материалы и рабочая сила, то теперь мы переходим к пониманию термина «производительность общественного труда».

Кроме того, так как на данном этапе количество конкурирующих вариантов построения линии значительно сужено, выбор оптимального варианта может производиться не с помощью функциональных зависимостей, а непосредственным подсчётом и сравнением ожидаемых капитальных вложений T_{Pi} и текущих эксплуатационных затрат ($T_{Ci} + T_{Жi}$) для всех вариантов, с последующим их сравнением с помощью выбранного критерия экономической эффективности – «*производительности общественного труда*».

«Производительность труда вообще равна максимуму продукта при минимуме труда», [1, с. 125] [12, с. 409].

Вот именно, – при минимуме труда, а не времени!

Разумеется, в зависимости от конкретных условий в число конкурирующих вариантов могут быть внесены и такие, которые имеют более высокую ожидаемую производительность, чем Q_{max} .

Поскольку расчёты проводятся на ранних проектных стадиях и носят укрупнённый характер, используем следующие упрощения:

– не учитываем различия в стоимостных затратах, связанные с неодинаковой производственной площадью, занимаемой различными структурно-компоновочными вариантами;

– амортизационные отчисления (а следовательно, срок возврата, или время обращения капитальных вложений) берутся усреднённым нормативным коэффициентом от стоимости линии (для автоматической линии $\alpha_1 = 0,122$) одинаковыми для всех вариантов;

– затраты на ремонт и обслуживание принимаем $\alpha_2 = 0,06 \dots 0,08$.

Остальные исходные данные определяем по принятому здесь компоновочному варианту, рис. 4, а – линии со сквозным транспортированием изделий через

рабочие зоны станков – путём укрупнённых расчётов, причём, цена различного технологического оборудования здесь принята условными числами.

– стоимость одного гидрокопировального станка, встраиваемого в линию, равна 10 000 р.;

– стоимость одного фрезерно-центровального станка 14 000 р.;

– стоимость одного магазина-накопителя 3 500 р.;

– стоимость одного загрузочно-разгрузочного устройства 2 500 р.;

– стоимость транспортной системы в зависимости от числа обслуживаемых станков q и участков n_y линии: $3\,500\,q + 8\,000\,n_y$;

– стоимость инструмента и электроэнергии 2 600 р. в год (на программу 420 шт. в смену независимо от структурного варианта);

– стоимость полуфабрикатов (заготовок изделий) принимаем 2,5 р. за штуку;

– годовой фонд заработной платы обслуживающих линию рабочих: один оператор на линии (независимо от числа станков) с месячной зарплатой 150 р., один наладчик с месячной зарплатой 180 р. при норме обслуживания шесть станков, коэффициент начисления на зарплату 1,14.

Рассчитаем в качестве примера основные экономические показатели и уровень *производительности общественного труда* по варианту 3 табл. 7 для линии из девяти станков, разделённой на четыре участка.

Исходные данные: $q = 9$, $n_y = 4$, $Q_{ал} = 429$ шт./смену.

Стоимость основного технологического оборудования (один фрезерно-центровальный станок и восемь гидрокопировальных).

$$T_{обр} = 14\,000 + 8 \cdot 10\,000 = 94\,000 \text{ р.}$$

Стоимость транспортной системы

$$T_{тр} = 3\,500\,q + 8\,000\,n_y = 3\,500 \cdot 9 + 8\,000 \cdot 4 = 63\,500 \text{ р.}$$

Стоимость магазинов-накопителей

$$T_M = 3\,500 (n_y - 1) = 3\,500 \cdot 3 = 10\,500 \text{ р.}$$

Стоимость загрузочного устройства в начале линии и разгрузочного устройства в конце линии

$$T_3 = 2\,500 \cdot 2 = 5\,000 \text{ р.}$$

Общая (капитальная) стоимость линии

$$T_{II} = 94\ 000 + 63\ 500 + 10\ 500 + 5\ 000 = 173\ 000 \text{ р.}$$

Годовой фонд заработной платы

$$T_{Ж} = (150 + 2\ 180) 12\ 1,14 = 6\ 976,8 \text{ р./г.}$$

Годовой выпуск продукции. Работа линии в одну смену

$$Q_c = 429 \text{ шт./смену } 12 \text{ мес. } 24 \text{ дн.} = 123\ 552 \text{ шт./г.}$$

Стоимость инструмента и электроэнергии на годовую программу

$$T_{\tilde{N}1} = \frac{2\ 600 \text{ д.}}{420 \text{ ф д.}} \cdot Q_{\tilde{A}} = \frac{2\ 600 \text{ д.}}{420 \text{ ф д.}} \cdot 123\ 552 \text{ ф д.} / \tilde{a} = 764\ 845,68 \text{ д.}$$

Годовые материальные затраты на заготовки

$$T_{C2} = 2,5 \text{ р. } Q_c = 2,5\ 123\ 552 = 308\ 880 \text{ р.}$$

Годовые текущие затраты на обслуживание и ремонт

$$T_{C3} = T_n \cdot \alpha_2 = 173\ 000 \cdot 0,08 = 13\ 840 \text{ р.}$$

Общие (текущие) годовые энерго-материальные и ремонтные затраты

$$T_C = 764\ 845,68 + 308\ 880 + 13\ 840 = 1\ 087\ 565,68 \text{ р.}$$

Затраты, связанные с годовым стоимостным износом средств труда,

$$\Delta T_n = T_n \alpha_1 = 173\ 000 \cdot 0,122 = 21\ 106 \text{ р.}$$

Совокупные годовые затраты общественного труда в совокупной годовой массе производимого продукта

$$T_{Г} = \Delta T_{II} + T_C + T_{Ж} = 21\ 106 + 1\ 087\ 565,68 + 6\ 976,8 = 1\ 115\ 648,4 \text{ р.}$$

Уровень производительности общественного труда определяем по формуле (2).

$$\dot{i} = \frac{Q_{\tilde{A}}}{\dot{O}_{\tilde{I}} + \dot{O}_{\tilde{N}} + \dot{O}_{\tilde{E}}} = \frac{Q_{\tilde{A}}}{\dot{O}_{\tilde{A}}} = \frac{123\ 552}{1\ 115\ 648,4} = 0,110\ 744\ 5 \text{ ф д.} / \text{ д.}$$

Аналогичным образом проводим расчёты по всем конкурирующим вариантам и результаты сводим в табл. 6, добавляя значения времени цикла $T(q)$, см. табл. 3, и критерия $(q + n_M = \min)$, характеризующего линию по конструктивному исполнению.

Таблица 6

Результаты расчёта экономических показателей по вариантам

Вариант	Характеристика варианта				Т _{п,р.} , ×100	ΔТ _{п,р.}	Т _{с,р.}	Т _{ж,р.}	Т _{г,р.}	Q _{г,шт.}	П _{г,шт./р.} , ×10 ⁻⁵
	q	n _y	Т _ц	q + n _м							
1	14	1	0,56	14	2 060	25 132	1 077 691	6 977	1 109 800	122 112	11 003
2	8	8	0,91	15	2 055	25 071	1 085 160	6 977	1 117 208	122 976	11 007
3	9	4	0,86	12	1 730	21 106	1 087 566	6 977	1 115 648	123 552	11 074
4	16	1	0,51	16	2 295	27 999	1 092 086	6 977	1 127 061	123 552	10 962
5	11	2	0,76	12	1 770	21 594	1 090 388	6 977	1 118 959	123 840	11 067
6	13	1	0,56	13	1 925	23 485	1 099 137	6 977	1 129 599	124 704	11 040
7	10	3	0,81	12	1 750	21 350	1 107 749	6 977	1 136 075	125 856	11 078
8	10	4	0,81	13	1 865	22 753	1 141 206	6 977	1 170 935	129 600	11 068
9	9	9	0,86	17	2 305	28 121	1 149 731	6 977	1 149 731	130 176	10 987
10	11	3	0,76	13	1 885	22 997	1 158 886	6 977	1 188 859	131 616	11 071
11	10	5	0,81	14	1 980	24 156	1 164 651	6 977	1 195 784	132 192	11 055

Здесь приводимые стоимостные показатели имеют методический характер и не отражают конкретных цен станков или механизмов сегодня. В приводимых здесь и далее расчётах необходимо понимать, что большая часть годовых эксплуатационных затрат для оборудования с фиксированными стоимостными, конструктивными и структурными характеристиками: амортизационными отчислениями, затратами на ремонт и обслуживание, производственной зарплатой – от варьирования выпуска изделий на данном оборудовании не зависит. И наоборот, текущие затраты на инструмент, электроэнергию, основные и вспомогательные материалы достаточно строго пропорциональны фактическому выпуску продукции (годной и бракованной).

Таким образом, результаты расчётов, табл. 6, позволяют сузить до предела (перед последним этапом отбора) число конкурирующих вариантов, обладающих наилучшими технико-экономическими показателями, и выделить группу вариантов, чьи характеристики по целевой функции P_{MAX} отличаются незначительно. Такими вариантами будут (в порядке их оптимальности), например, следующие: 3; 7; 10.

2.6. Четвёртый этап – выбор оптимального варианта с учётом характера и условий данного производства.

Вариант, обеспечивающий наибольшую *производительность труда* (табл. 6), формально может быть признан оптимальным, т. к. соответствует максимуму целевой функции P_{MAX} . Однако если экономические характеристики нескольких вариантов оказываются весьма близкими, то для выбора окончательного варианта необходимо привлечь неформальные критерии, учитывающие характер и условия данного производства и пр. Такими критериями могут быть: конструктивная сложность системы, занимаемая линией площадь, доступность в наладке и обслуживании, удобство выполнения ремонта и др.

Не имея конкретных производственных данных, остановимся на наиболее очевидном критерии конструктивной сложности. По укрупнённой оценке наиболее простым является 7-й вариант (табл. 6) с конструктивной характеристикой $q + n_M = 12$ (без учёта позиций загрузки и разгрузки, что указывает на наименьшее число

единиц оборудования в линии и небольшой занимаемой площади. Кроме того, этот вариант имеет и наилучший показатель производительности труда. Поэтому есть основание принять его основным для дальнейшего проектирования (эскизный и технический проекты, разработка рабочих чертежей и т. д.) линии (рис. 5).

Заключение

Таким образом, в результате шагового отбора из нескольких сотен возможных вариантов построения линии обработки вала по рис. 1 в качестве оптимального для дальнейшего проектирования следует принять вариант однопоточной линии со сквозным транспортированием изделий через рабочие зоны станков, где число рабочих позиций $q = 10$; время рабочих ходов $t_p = 0,65$ мин; время холостых ходов $t_x = 0,162$ мин; время рабочего цикла $T_{Ц} = 0,812$ мин; число участков–секций $n_y = 3$; фактическая производительная сила $Q_{\Phi} = 437$ шт./смену.; коэффициент загрузки линии $\eta_z = 0,85$; ожидаемая стоимость линии $T_{П} = 175$ тыс. руб.; производительность линии $П_T = 0,11\ 078$ шт./руб. И так далее.

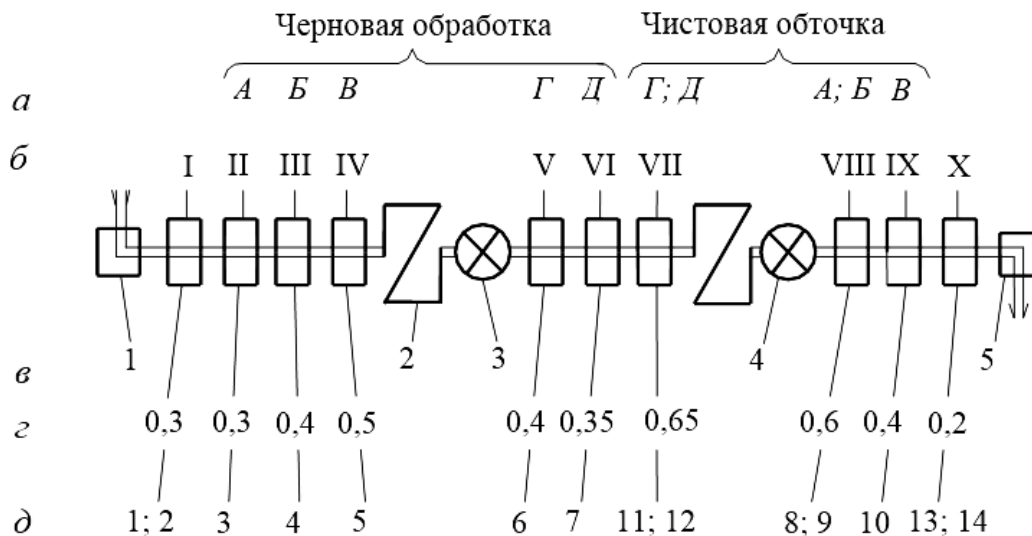


Рис. 5. Оптимальный вариант построения автоматической линии для обработки ступенчатого вала:

- а – цилиндрические шейки вала; б – рабочие позиции линии;
 в – холостые позиции линии; 1 – загрузочная позиция; 2 – магазин-накопитель;
 3 – поворотный изделия; 4 – шаговый транспортер; 5 – разгрузочная позиция;
 г – рабочее время на позициях; д – элементарные переходы, по рис. 1

В формуле (6) в знаменателе стоят затраты элементов производственного процесса, как то: T_{Π} , T_C , $T_{Ж}$... (или $-f$, c , v). Но в каждом из элементов (f и c) уже содержится *весь труд* (необходимый и прибавочный) предшествующих производств, а именно: по терминологии К. Маркса – $V+M$. Но в элементе $T_{Ж}$ (или по терминологии К. Маркса – V) выступает, как затрата, только *стоимость рабочей силы* или *заработная плата* рабочих данного производства, без учёта прибавочной стоимости M этого производства. Но участники производственного процесса осуществляют труд равный величине $V+M$ и потому «...стоимость труда всегда, – [10, с. 541], – должна быть меньше, чем вновь созданная трудом стоимость...» Поэтому, «заработная плата» (будь она даже превращённой формой стоимости и цены товаро-рабочей силы, а точнее – функции рабочей силы) есть всегда – плата за труд, что подтверждают «индивидуальные различия в заработных платах, – [10, с. 544], – различных рабочих, выполняющих одну и ту же функцию». Заработная плата есть плата за труд, но не эквивалент труда. Кроме того, мы полагаем, что все, кто работает на данном предприятии (в пределах забора завода), например, рабочий у станка, инженер в отделе, сторож или повар заводской столовой... все, кто каждый рабочий день трудится на этом заводе (как бы их экономисты не делили на основных и вспомогательных...), и потому их труд (и все заводские расходы!) вместе с конечным продуктом завода уходит за пределы забора завода, как товар, а на завод возвращаются с рынка все производственные затраты в деньгах, на которые всё возобновляется, и все продолжают жить и вести своё производство.

В нашей линии 14 единиц технологического оборудования, а обслуживают её всего два человека: оператор за пультом и наладчик у станков.

«Следовательно, всеобщий закон, необходимо вытекающий из природы отношений между капиталом и трудом, таков, что при росте производительных сил та часть производительного капитала, которая превращается в машины и сырьё, т.е. капитал как таковой, возрастает несоразмерно по сравнению с той частью, которая предназначается на заработную плату, т. е. другими словами: рабочим

приходится делить между собой всё уменьшающуюся по сравнению со всей массой производительного капитала часть этого капитала», [12, с.596].

Технолог, конструктор и производственник – все ведут борьбу за сокращение каждой секунды рабочего цикла линии, за сокращение каждой секунды внецикловых потерь в производстве, за сокращение любых производственных затрат и в натуре и в рублях, за выпуск каждой дополнительной единицы продукции, стремясь увеличить *производительную силу линии* –

$$Q_{\text{аё}} = \frac{480 p}{t_{p(q)} + t_{x1} + t_{x2} + \frac{\sum C_i + q t_e \cdot W}{n_y}} \cdot \eta_3 \left[\frac{\phi \text{ ò óê}{\tilde{n} \tilde{a} \tilde{o}} \right],$$

а, в конечном счёте, стремясь *увеличить производительность труда* –

$$\dot{I} \text{ ò} = \frac{Q_{\tilde{A}}}{f + c + v} = \frac{Q_{\tilde{A}}}{\frac{T_{\tilde{I}}}{n} + \dot{O}_{\tilde{N}} + \dot{O}_{\tilde{E}}} = \frac{Q_{\tilde{A}}}{\dot{O}_{\tilde{A}}} \left[\frac{\phi \text{ ò óê â ã ä}{\tilde{a} \tilde{i} \tilde{i} \tilde{a} \tilde{u} \tilde{a} \text{ çà ò ð à ò \hat{u} \hat{a} \text{ ð ó á è ü ö}} \right].$$

Кроме того, после того как продукт этой линии, или этого производства – многоступенчатый вал, – как товарный продукт, выйдет на товарный рынок, он вступает в конкурентную борьбу с другими товарными продуктами (приобретая цену!) за делёж общественной прибыли, или «превращённой формы общественной прибавочной стоимости». Однако, среднюю норму общественной прибавочной стоимости мы пока не знаем, и об этом мы будем говорить в следующих наших работах. Но разница между товарной ценой продукта и заводской себестоимостью продукта–товара есть вся заводская прибыль.

Что касается стоимости сырых и вспомогательных материалов, символ – T_C , то их – за что купил, за то и продал, при этом T_C (или c) – увеличивается почти пропорционально увеличению выпуска продукции.

Что касается стоимости средств труда (или «основного капитала»), символ – T_{Π} , то на продукт, в производстве которого участвуют эти средства труда, или «основной капитал», переносится только стоимость их потребления в процессе производства, или их «стоимостной износ» – $\frac{T_{\tilde{I}}}{n}$ (или f). Обращение основного капитала требует отдельного рассмотрения, см [6, с. 107–123].

Итак, средства труда, или «основной капитал» переносит свою стоимость на продукт, в производстве которого он участвует, по частям, в соответствии с годовой нормой $\frac{T_{II}}{n} = f$ износа. Сырые материалы, или промежуточные продукты (одна часть c), представляют субстанцию продукта и входят в продукт вместе со своей стоимостью, а вспомогательные материалы (другая часть c) «сгорают» в производственном процессе, как, например, уголь, бензин, кислород, ацетилен, ... не составляя субстанцию продукта, полностью переносят свою стоимость на производимый продукт. При этом, стоимость c , как промежуточный продукт–товар сама состоит из частей $c = f' + (v' + m')$ и представляет собой сумму прошлого труда и живого труда предшествующего производства. И только «живой труд» – v присоединяет к производимому продукту в данной фазе его производства «новую стоимость», равную суммарной величине «необходимого» и «прибавочного труда», а именно: $v + m$, [5; 6].

Список литературы

1. Архивы К.М. и Ф.Э. Т. 2 (VII). – Партиздат, 1963. – С. 125.
2. Белик А.П. Социальная форма движения. Явления и сущность / А.П. Белик. – М.: Наука, 1982.
3. Волчкевич Л.И. Комплексная автоматизация производства / Л.И. Волчкевич, М.П. Ковалёв, М.М. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1983. – 270 с.
4. Кузнецов М. М. Автоматизация производственных процессов / М. М. Кузнецов, Л. И. Волчкевич, Ю.П. Замчалов. – М.: Высшая школа, 1978. – 432 с.
5. Кулик В.И. Труд и капитал / В.И. Кулик, И. В. Кулик // Verlag. – Deutschland: Lap Lambert Academic Publishing, 2013. – 404 с.
6. Кулик В.И. О простом и расширенном воспроизводстве / Закономерности и тенденции формирования системы финансово-кредитных отношений: коллективная монография / В.И. Кулик, И.В. Кулик; [под ред. А.А. Сукиасяна]. – Уфа: Аэтерна, 2016. – 226 с.
7. Маркс К. Соч. Т. 4. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд.
8. Маркс К. Капитал. Т. 1 / К. Маркс. – М: Гос. изд-во лит., 1978.

9. Маркс К. Капитал. Т. 1 / К. Маркс. – М.: Гос. изд-во полит.лит., 1949.
10. Маркс К., Ф. Энгельс. Соч. Т. 20 / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд.
11. Маркс К. Капитал. Т. 2 / К. Маркс. – М.: Гос. изд-во лит., 1978.
12. Маркс К. Соч. Т. 6 / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд.
13. Маркс К. Капитал. Т.4. Теории прибавочной стоимости. – М.: Изд-во полит. лит., 1978. – Ч. 1.

References

1. Arkhivy, K. M. (1963). Arkhivy K.M. i F.E., 125. Partizdat.
2. Belik, A. P. (1982). Sotsial'naia forma dvizheniia. Iavleniia i sushchnost'. M.: Nauka.
3. Volchkevich, L. I., Kovaliov, M. P., & Kuznetsov, M. M. (1983). Kompleksnaia avtomatizatsiia proizvodstva., 270. M.: Mashinostroenie.
4. Kuznetsov, M. M., Volchkevich, L. I., & Zamchalov, Iu. P. (1978). Avtomatizatsiia proizvodstvennykh protsessov., 432. M.: Vysshiaia shkola.
5. Kulik, V. I., & Kulik, I. V. (2013). Trud i kapital. <i>Verlag</i>. Deutschland: Lap Lambert Academic Publishing.
6. Sukiasiana, A. A., & Kulik, V. I. (2016). O prostom i rasshirennom vosproizvodstve., 226. Ufa: Aeterna.
7. Marks, K., & Engel's, F. Soch. Т. 4.
8. Marks, K. (1978). Kapital. Т. 1. М: Gos. izd-vo lit.
9. Marks, K. (1949). Kapital. Т. 1. М.: Gos. izd-vo polit.lit.
10. Marks, K., & Engel's, F. Soch. Т. 20.
11. Marks, K. (1978). Kapital. Т. 2. М.: Gos. izd-vo lit.
12. Marks, K., Engel's, F., & Engel's, F. Soch. Т. 6.
13. Marks, K. (1978). Kapital. Т.4. Teorii pribavochnoi stoimosti. М.: Izd-vo polit. lit.

Кулик Виктор Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры технологической информатики и информационных систем, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Россия, Хабаровск.

Kulik Viktor Ivanovich – candidate of technical sciences, assistant professor of Technology Informatics and Information Systems, Pacific State University, Russia, Khabarovsk.

Кулик Иван Викторович – канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Россия, Хабаровск.

Kulik Ivan Viktorovich – candidate of economical sciences, assistant professor of Economic and Management at Pacific State University, Russia, Khabarovsk.
