

*КАРАСЕНКО В. А.,
кандидат технических наук*

КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН ЖИВОТНОВОДСТВА

Производительность труда в сельском хозяйстве в текущем пятилетии должна возрасти в 1,5 раза. Это будет достигнуто главным образом за счет более широкой и всеобъемлющей механизации и автоматизации большинства процессов и отраслей сельскохозяйственного производства. Особенно значительный рост производительности труда должен быть достигнут в животноводстве. Комплексная механизация процессов животноводства на базе электрифицированных машин является первой и важнейшей ступенью широкой автоматизации процессов, обеспечивающей высокую производительность труда. Одна из важных задач комплексной электромеханизации животноводства состоит в том, чтобы, опираясь на опыт эксплуатации и результаты исследования существующих машин, установить закономерности, обеспечивающие создание новых, более производительных и экономичных машин, позволяющих достигнуть намеченные темпы роста производительности труда, а также наиболее рационально эксплуатировать существующие.

Важнейшим фактором повышения производительности труда при использовании электрифицированных машин является повышение их производительности. Последняя непосредственно связана с основными параметрами, определяемыми технологической схемой, заложенной в машине. Различия в технологических схемах рабочих машин используются для их классификации, которая позволяет систематизировать расчетные методы по отдельным группам машин, объединяемых некоторыми общими признаками, и облегчает анализ факторов, определяющих их производительность. Вместе с тем с производительностью непосредственно связаны и другие параметры электрифицированных машин: их металлоемкость, энергетические затраты, коэффициент использования и др. Продукция машины может измеряться в штуках, кубических метрах, килограммах и т. п. В зависимости от этого машины условно делятся на машины штучной (дискретной) и нештучной продукции. Дальнейший анализ проводится в основном применительно к машинам штучной про-

дукции, производительность которых выражается более сложными зависимостями, хотя все выводы применимы и к машинам нештучной продукции. Работа машин штучной продукции отличается определенной цикличностью, вызванной периодичностью поступления, обработки и выдачи обработанных предметов труда (порций продукции). К этой категории машин относятся машины для обслуживания животных (кормораздаточные, навозоуборочные, облучательные установки, доильные аппараты и т. д.), производительность которых выражается в количестве обслуженных в единицу времени животных. Нередко производительность этих машин может выражаться и в единицах веса, объема и т. п. Например, производительность кормораздаточных установок может выражаться в тоннах в единицу времени или (при определенной норме кормления) в числе животных, обслуживаемых за единицу времени. Основными характеристиками цикличности этих машин являются технологический цикл T_T — время, в течение которого над предметом труда осуществляются все предусмотренные технологическим процессом основные и вспомогательные операции, и рабочий цикл T_p — промежуток времени между выходом из машины двух следующих друг за другом обработанных предметов труда (порций готовой продукции). Технологический цикл может состоять из одного или нескольких рабочих циклов. Классификация рабочих машин, применяемых в промышленности, рассматривается в работах С. И. Артоболевского, Г. А. Шаумяна, И. И. Капустина и др. Некоторые общие положения, приведенные в этих классификациях, применимы и к электрифицированным машинам животноводства. Однако существуют и специфические особенности, отличающие их от машин других отраслей. Некоторые из этих особенностей сводятся к следующему:

1. В промышленности предметы труда перемещаются, как правило, относительно рабочих машин (в машинах относительно рабочих органов), а в сельском хозяйстве очень часто, наоборот, машины (в том числе и электроприводные) перемещаются относительно предметов труда (объектов обработки). Это характерно для машин, обслуживающих животных (кормораздатчики, навозоуборочные устройства, доильные аппараты при доении в стойлах, передвижные облучающие установки и др.). Необходимость перемещения машин относительно объектов обработки, особенно если это связано с обслуживанием животных, накладывает определенные ограничения на их скорость и в конечном счете — на производительность.

2. Если в промышленности подача предметов труда к машинам и их перемещение внутри машин и между машинами осуществляется специальными транспортирующими устройствами (или самими рабочими органами); то в сельском хозяйстве «предметом труда» часто оказывается живой организм — расте-

ние или животное. В последнем случае «предмет труда» часто сам себя «транспортирует» к машинам и между машинами (например при машинной дойке коров на доильных площадках). Поэтому здесь необходимо считаться с физиологическими возможностями животных, требованиями зоотехнии, ветеринарии и агрономии.

3. Работа машин на животноводческих фермах часто характеризуется периодичностью, диктуемой периодичностью физиологических отправления животных (кормление, доение и пр.).

Иначе говоря, особенности многих сельскохозяйственных электроприводных машин вытекают из наличия живого организма, активно участвующего в технологическом процессе и часто его определяющего. Эти особенности соответствующим образом, явно или скрыто, влияют на параметры, режимы и использование сельскохозяйственных машин и, в частности, на их производительность.

В основу расчета производительности машин кладется продолжительность рабочего цикла, которая определяет количество продукции, получаемой в единицу времени. Чем меньше рабочий цикл, тем при прочих равных условиях совершеннее машина и тем выше ее производительность. В основу классификации должны быть положены такие признаки, которые определяют продолжительность рабочего цикла и производительность машин. В настоящее время существует большое разнообразие сельскохозяйственных электроприводных машин, различающихся назначением, технологическими схемами, количеством рабочих органов, электроприводами и пр.

Производительность каждого типа машины зависит от множества факторов, которые точно могут быть учтены лишь при детальном анализе технологической схемы и условий работы данной машины. Вместе с тем для машин всех типов существуют некоторые общие факторы, определяющие их производительность. Анализ этих факторов возможен и необходим как для создания высокопроизводительных и экономичных машин, так и для наиболее эффективного использования существующих.

В различных типах машин факторы производительности связаны между собой по-разному и оказывают неодинаковое влияние на производительность.

По приведенному выше определению рабочий цикл T_p (ритм машины) представляет собой промежуток времени между выходом из машины двух следующих друг за другом обработанных предметов труда. Следовательно, величина, обратная рабочему циклу, представляет собой производительность

$$P_T = \frac{1}{T_p} . \quad (1)$$

Производительность, вычисленная по времени рабочего цикла, носит название теоретической, или цикловой.

Рабочий цикл любой из классификационных групп включает время непосредственной обработки t_p (рабочее время) и цикловые потери времени t_x на холостые ходы и другие вспомогательные операции, т. е.

$$T_p = t_p + t_x. \quad (2)$$

Технологический цикл машины может быть равен рабочему циклу или в общем случае включает несколько рабочих циклов, так что

$$T_p = \frac{T_r}{q}, \quad (3)$$

где q — количество позиций машины.

Позицией будем называть место (положение) предмета труда в машине, в котором он находится в течение некоторого времени, необходимого для выполнения одной или нескольких операций обработки.

В машине могут быть рабочие позиции, т. е. те, в которых находятся и обрабатываются предметы труда, и холостые, в которых предметы труда не обрабатываются (например позиции, занятые под установ и съём предметов труда).

Если перемещается не предмет труда, а машина, то аналогичное определение позиции можно дать для машины. Находясь в данной позиции, предмет труда (машина) может поворачиваться, определенным образом ориентироваться относительно рабочих органов (предметов труда) и т. п.

Пусть процесс обработки предмета труда состоит из z рабочих операций. Технологический цикл включает все основные (рабочие) и вспомогательные операции, начиная от установки предмета труда в машину и кончая его съемом (выдачей). В общем случае он будет иметь вид

$$T_T = \Theta_p + \Theta_x + \Theta_{yc} + \Theta_{II}, \quad (4)$$

где Θ_p — суммарное рабочее время непосредственной обработки;

Θ_x — суммарное время холостых ходов рабочих органов (подвод и отвод инструмента);

Θ_{yc} — суммарное время на установ и съём предмета труда;

Θ_{II} — суммарное время перемещения предмета труда между позициями.

Подставляя равенство (4) в формулу (3) и затем результат в формулу (1), получим

$$P_T = \frac{q}{\Theta_p + \Theta_x + \Theta_{yc} + \Theta_n} \quad (5)$$

Как следует из равенства, теоретическая производительность рабочих машин прямо пропорциональна числу рабочих позиций обработки и обратно пропорциональна длительности технологического цикла. Следовательно, если мы имеем различные классификационные категории машин, выполняющих один и тот же технологический процесс (это обязательное условие сравнения машин) с различной производительностью, то эти машины могут иметь в качестве классификационных признаков либо количество рабочих позиций (одна или больше одной), либо тот или иной способ уменьшения длительности технологического цикла.

Увеличение числа рабочих позиций требует увеличения габаритов, материалоемкости, мощности приводных электродвигателей и в конечном счете стоимости машины.

Уменьшение технологического цикла при неизменной длительности каждой из составляющих его операций сводится к совмещению их выполнения во времени. Это достигается следующими основными путями:

- а) совмещением холостых ходов и других вспомогательных операций (Θ_x , Θ_{yc} , Θ_n) между собой;
- б) совмещением холостых ходов и вспомогательных операций с рабочими операциями;
- в) совмещением рабочих операций между собой.

Отмеченные факторы и составляют основу классификационных признаков рабочих машин.

Поскольку согласно равенствам (1) и (2)

$$P_T = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{t_p + t_x} \quad (6)$$

то все эти факторы сводятся в конечном счете к сокращению времени рабочего цикла, которое зависит как от числа позиций, так и от степени совмещения основных и вспомогательных операций.

Первым классификационным признаком, разделяющим все рабочие машины на два больших класса, является число рабочих позиций. По этому признаку все машины делятся на однопозиционные ($q=1$) и многопозиционные ($q>1$).

В однопозиционных машинах одновременно может обрабатываться только один предмет труда. Все операции обработки осуществляются в одной позиции предмета труда или в одном положении рабочей машины (если предметы труда неподвижны, а перемещаются машины, что нередко имеет место в машинах для обслуживания животных). В этой позиции предмет труда (рабочая машина) остается до конца обработки. Обработка сле-

дующего предмета труда не может начаться до окончания всех операций обработки и выдачи предыдущего. Здесь нельзя совместить вспомогательные операции загрузки и выгрузки (выдачи) с основными операциями обработки. Следовательно, в однопозиционных машинах технологический цикл равен рабочему циклу

$$T_{\tau} = T_p. \quad (7)$$

Как уже отмечалось, важнейшим условием повышения производительности рабочих машин, снижения энергозатрат и др. является совмещение холостых и вспомогательных операций с рабочими. В зависимости от этого изменяется степень непрерывности непосредственной обработки предмета труда. Это служит основанием для деления машин по принципу непрерывности на машины периодического, непрерывно-периодического и непрерывного действия.

В машинах периодического действия в каждой из рабочих позиций холостые ходы и другие вспомогательные операции полностью или частично не совмещаются с рабочими операциями. Непосредственная обработка предмета труда осуществляется с перерывами на выполнение той или иной вспомогательной операции.

В машинах непрерывно-периодического действия в некоторых рабочих позициях холостые ходы и другие вспомогательные операции полностью совмещены с рабочими операциями и процесс обработки протекает непрерывно, а в других — полностью или частично не совмещены с рабочими операциями и процесс обработки протекает с перерывами, периодически.

В машинах непрерывного действия в каждой из рабочих позиций холостые ходы и вспомогательные операции полностью совмещены с рабочими операциями и процесс обработки в каждой из позиций протекает непрерывно.

В однопозиционных машинах штучной продукции невозможно полностью совместить все холостые ходы и вспомогательные операции с рабочими, поэтому они относятся к машинам периодического действия. Однако в них, хотя и неполностью, возможна различная степень совмещения как холостых, так и рабочих операций.

По степени совмещения операций однопозиционные машины делятся на три группы: машины последовательного, параллельно-последовательного и параллельного агрегатирования.

Обозначим через Z — общее количество рабочих операций технологического цикла, W — количество рабочих операций, выполняемых одновременно (параллельно), тогда отличительными признаками однопозиционных машин будут:

- последовательного агрегатирования $W=1$;
- параллельно-последовательного $Z>W>1$;

параллельного $Z = W$.

В машинах первой группы все операции выполняются последовательно — одна за другой. Перемещения предмета труда из позиции в позицию отсутствуют ($\Theta_{II} = 0$), поэтому в соответствии с формулами (4) и (7) рабочий цикл равен

$$T_p = T_T = \sum_1^z t_{p_i} + \sum_1^m t_{x_j} + t_{yc}, \quad (8)$$

где $\sum_1^z t_{p_i}$ — суммарное рабочее время всех z рабочих операций;
 $\sum_1^m t_{x_j}$ — суммарное время m холостых ходов;
 t_{yc} — суммарное время на установку и сьем предмета труда.

Циклограмма однопозиционной машины последовательного агрегатирования приведена на рис. 1, а. Здесь принято число рабочих операций $z=4$, число холостых ходов $m=4$, суммарное время на установ—съем t_{yc} . Все рабочие операции различны по

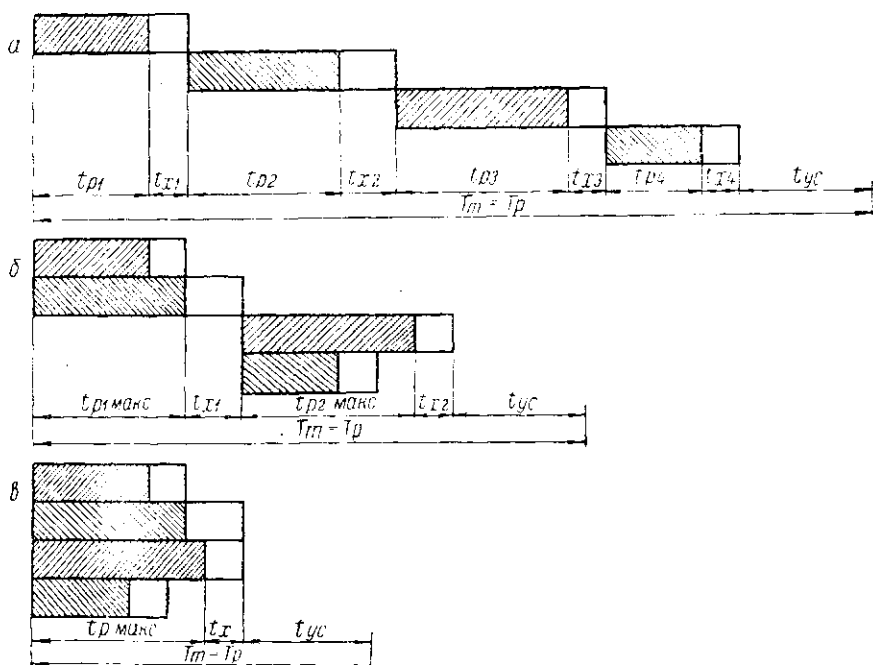


Рис. 1. Циклограммы однопозиционных машин.

энергоемкости (длительности выполнения), холостые ходы рабочих органов в общем случае также не одинаковы по продолжительности.

В машинах второй группы ($Z > W > 1$) операции выполняются в $\frac{Z}{W}$ последовательных приемов (подводов инструмента) по W операции одновременно (параллельно). Длительность каждого приема определяется временем, необходимым для выполнения наиболее энергоемкой (лимитирующей) операции, входящей в W . Циклограмма машины этой группы приведена на рис. 1, б. Суммарное рабочее время цикла складывается из наиболее длительных операций каждого из $\frac{Z}{W}$ приемов. Непроизводительные затраты времени уменьшаются за счет сокращения межоперационных потерь. Рабочий цикл машин последовательно-параллельной обработки (агрегатирования) определяется следующим выражением

$$T_p = T_{\tau} = \sum_1^{\frac{Z}{W}} t_{p_{i \max}} + \sum_1^n t_{x_j} + t_{yc}, \quad (9)$$

где n — количество непроизводительных операций.

Не трудно видеть, что $n < m$.

В машинах третьей группы ($Z = W$) все операции выполняются одновременно (параллельно), как показано на рис. 1, в. Рабочий цикл определяется как

$$T_p = T_{\tau} = t_{p_{\max}} + \sum_1^k t_{x_j} + t_{yc}, \quad (10)$$

где $t_{p_{\max}}$ — наиболее длительная из всех операций обработки;
 k — количество непроизводительных операций. В общем случае $k < n < m$, на рис. 1, в $k = 1$.

Наиболее длительная из z операций является лимитирующей, определяющей продолжительность рабочего цикла. Очевидно, что длительность других операций не влияет на величину рабочего цикла и производительность машин может выбираться произвольно в пределах условия

$$t_{p_j} \leq t_{p_{\max}}$$

Параллельная обработка значительно повышает производительность машин, но требует больших мощностей электродвигателей, более прочной и надежной конструкции машины. Такие машины наиболее целесообразны при большом объеме работ и высоком коэффициенте использования оборудования, когда при-

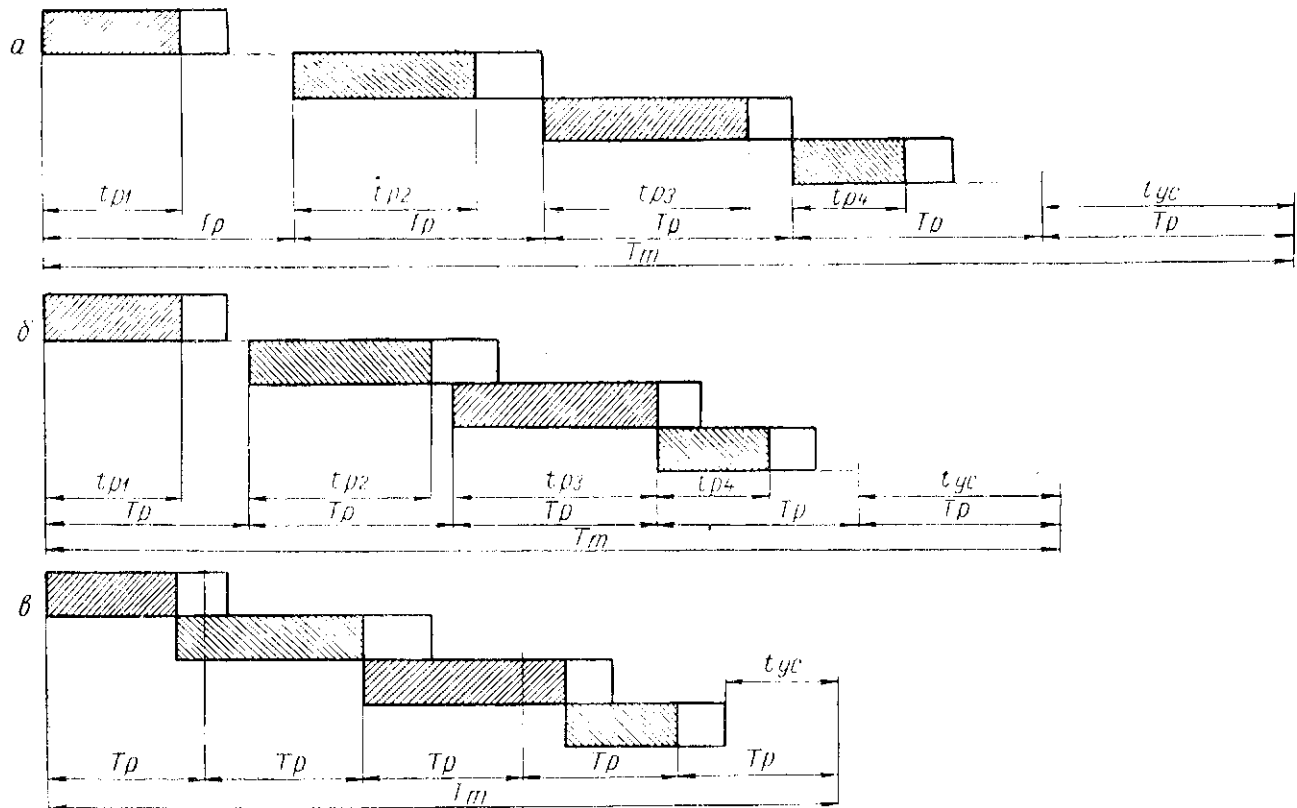


Рис. 2. Циклограммы многопозиционных машин периодического действия.

меньшие существующего набора машин последовательной обработки оказывается экономически невыгодным. Рациональное использование машин параллельной обработки будет при условии, когда все операции имеют примерно одинаковую длительность.

В многопозиционных машинах $q > 1$. Предмет труда обрабатывается в нескольких последовательно занимаемых им позициях. Одновременно может обрабатываться q предметов труда, находящихся в разной стадии обработки. Если машина подвижная, то она имеет несколько (q) разных рабочих органов, которые при перемещении машины поочередно подводятся к неподвижным предметам труда. Одновременно производится q операций над предметами труда.

В многопозиционных машинах операции установка и съема предметов труда совмещаются с операциями непосредственной обработки. Это позволяет значительно сократить рабочий цикл и повысить производительность машин.

В отличие от однопозиционных в многопозиционных машинах рабочий цикл меньше технологического и составляет некоторую (целую или дробную) его часть.

Класс многопозиционных машин по способу перемещения (подачи) предметов труда из позиций в позицию делится на машины периодической и машины непрерывной подачи.

В машинах периодической подачи предметы труда относительно рабочих органов машины или рабочая машина (рабочие органы) относительно предметов труда перемещаются периодически, с остановками в позициях. Во время остановки и производится операция обработки в рабочих позициях. Время остановки t_0 выбирается из условия, чтобы оно было достаточно для выполнения наиболее длительной из операций

$$t_0 \geq t_{p_{\max}} \quad (11)$$

После этого предметы труда подаются в следующие позиции. В течение времени перемещения t_{11} обработка не производится, но могут выполняться вспомогательные операции (например подвод и отвод рабочих органов). Это машины периодического действия.

Циклограмма пятипозиционной машины периодического действия приведена на рис. 2, а. Здесь четыре рабочие позиции, в которых осуществляются те же операции, что и в рассмотренных выше однопозиционных машинах, а пятая — холостая, занятая под установ—съем предметов труда.

Рабочий цикл состоит из времени остановки и времени перемещения из позиции в позицию

$$T_p = t_0 + t_{11} \quad (12)$$

Или в соответствии с равенством (11)

$$T_p = t_{p_{\max}} + t_u, \quad (13)$$

где $t_{p_{\max}}$ — длительность наиболее энергоемкой (лимитирующей) операции.

В машинах непрерывной подачи предметы труда непрерывно перемещаются от одной позиции к другой и обрабатываются в процессе перемещения. Здесь отсутствует непроизводительное время t_u , в течение которого предметы труда не обрабатываются. Рабочие органы (инструменты) укреплены неподвижно или перемещаются вместе с предметами труда, одновременно осуществляя обработку.

Машины непрерывной подачи по степени непрерывности процесса непосредственной обработки делятся на машины непрерывно-периодического и машины непрерывного действия.

В машинах первой группы рабочие органы закреплены неподвижно. Предметы труда поочередно подаются к рабочим органам и обрабатываются в процессе перемещения. Каждый рабочий орган одновременно может обрабатывать только один предмет труда. Обработка предмета труда следующим рабочим органом может начинаться только после полного окончания обработки предыдущим. Здесь позиции обработки четко разграничены. Поскольку предметы труда непрерывно перемещаются, то за время перемещения из позиции в позицию — за время рабочего цикла T_p над предметом труда должна быть выполнена наиболее энергоемкая, лимитирующая операция длительностью $t_{p_{\max}}$, т. е.

$$T_p \geq t_{p_{\max}}. \quad (14)$$

Циклограмма пятипозиционной машины ($q=5$, $n=1$) непрерывно-периодического действия представлена на рис. 2, б (u — количество цикла под любым из рабочих органов не может обрабатываться более одного предмета труда. В третьей позиции, где выполняется лимитирующая операция $t_{p_3} = t_{p_{\max}}$, процесс обработки осуществляется непрерывно, тогда как в других — с перерывами, равными разности между $t_{p_{\max}}$ и длительностью каждой из операций.

В машинах второй группы процесс обработки осуществляется непрерывно, начиная от момента подачи предмета труда к первому рабочему органу и кончая выходом из-под последнего, т. е. перерывы в обработке между соседними позициями отсутствуют. Непрерывность обработки в машинах непрерывной подачи достигается в следующих случаях:

- 1) если все операции по длительности одинаковы;
- 2) если при различной длительности операций рабочие органы могут одновременно обрабатывать больше одного предмета

труда. В качестве примера можно назвать передвижную облучательную установку для животных. Здесь предметы труда — животные неподвижны, а перемещается рабочий орган — облучатель, который одновременно облучает несколько животных;

3) если рабочие органы перемещаются вместе с предметом труда. При этом они могут перемещаться на протяжении всех рабочих позиций, и тогда над предметом труда выполняется только одна операция, или только на протяжении нескольких позиций, и тогда над предметом труда могут выполняться несколько операций. В качестве примера можно назвать карусельные доильные установки, где доильные аппараты перемещаются вместе с выдаиваемыми животными.

Многопозиционные машины и, в частности, машины непрерывного действия могут быть конвейерного типа с прямолинейным перемещением предметов труда (кормораздаточные, навозоуборочные, облучательные и осветительные установки и др.) и роторного (карусельного) типа с круговым (вращательным) перемещением предметов труда (установки для доения коров, стрижки овец, мытья молочной посуды и пр.). Рабочий цикл и теоретическая производительность тех и других вычисляется одинаково. На рис. 2, в приведена циклограмма пятипозиционной машины непрерывного действия с перемещающимися рабочими органами. В отличие от предыдущей схемы здесь каждый из рабочих органов при соответствующих условиях может обрабатывать больше чем один предмет труда. Из циклограммы следует, что выполнение второй и третьей операций осуществляется в двух позициях, поэтому здесь в отличие от машин периодического и непрерывно-периодического действия в общем случае нет соответствия между числом рабочих органов и числом позиций. Пусть операция t_{p_1} выполняется в q_1 позициях, операция t_{p_2} в q_2 позициях и т. д. (q_1, q_2, \dots, q_z могут быть целыми или дробными числами), t_{yc} — в u позициях. Тогда по условиям непрерывности процесса

$$\frac{t_{p_1}}{q_1} = \frac{t_{p_2}}{q_2} = \dots = \frac{t_{p_z}}{q_z} = \frac{t_{yc}}{u} = T_p$$

или

$$\frac{t_{p_1}}{T_p} = q_1; \quad \frac{t_{p_2}}{T_p} = q_2; \quad \dots \quad \frac{t_{p_z}}{T_p} = q_z; \quad \frac{t_{yc}}{T_p} = u.$$

Составим сумму

$$\frac{t_{p_1}}{T_p} + \frac{t_{p_2}}{T_p} + \dots + \frac{t_{p_z}}{T_p} = q_1 + q_2 + \dots + q_z$$

или

$$\frac{\sum_1^z t_{p_i}}{T_p} = q - u,$$

где Z — число рабочих операций;
 $(q-u)$ — количество рабочих позиций.
 Откуда

$$T_p = \frac{\sum_1^z t_{p_i}}{q - u}. \quad (15)$$

Если в машине выполняется только одна рабочая операция (например в машинах с перемещающимися вместе с предметами труда рабочими органами), то

$$T_p = \frac{t_p}{q - u}. \quad (16)$$

Таким образом, в отличие от предыдущих групп в машинах непрерывного действия рабочий цикл зависит от числа рабочих позиций. Если в машинах непрерывно-периодического действия рабочий цикл не может быть меньше времени выполнения лимитирующей операции, то здесь рабочий цикл может быть значительно уменьшен как за счет устранения межоперационных перерывов в обработке (уплотнения циклограммы), так и за счет увеличения числа рабочих позиций.

Приведенное рассмотрение многопозиционных машин показывает, что все они основаны на принципе последовательного агрегатирования, когда операции обработки осуществляются последовательно, одна за другой в последовательно занимаемых предметом труда (или рабочими органами) рабочих позициях. Повышение производительности машин достигается либо за счет увеличения числа рабочих позиций, либо за счет уплотнения циклограмм, что сводится к устранению непроизводительных операций или их совмещению между собой и с рабочими операциями.

Дальнейшее увеличение производительности возможно за счет совмещения между собой рабочих операций. Причем здесь речь идет о частичном совмещении, в отличие от полного совмещения всех или части рабочих операций, имеющего место в однопозиционных машинах параллельного и параллельно-последовательного агрегатирования. Если там полное совмещение операций служило основанием для выделения машин в отдельные классификационные группы, то здесь речь идет о совмещениях,

приложимых к одно- и многопозиционным машинам, т. е. внутри классификационных групп.

Совмещение рабочих (и вспомогательных) операций в одно- и многопозиционных машинах последовательного агрегатирования состоит в том, что выполнение последующей операции начнется еще до окончания предыдущей. В этом случае в течение некоторого времени над предметом труда одновременно выполняются больше чем одна операция, что приводит к сокращению технологического и рабочего циклов и увеличению производительности машины.

Циклограмма пятипозиционной машины непрерывного действия с совмещенными операциями приведена на рис. 3, а. Сов-

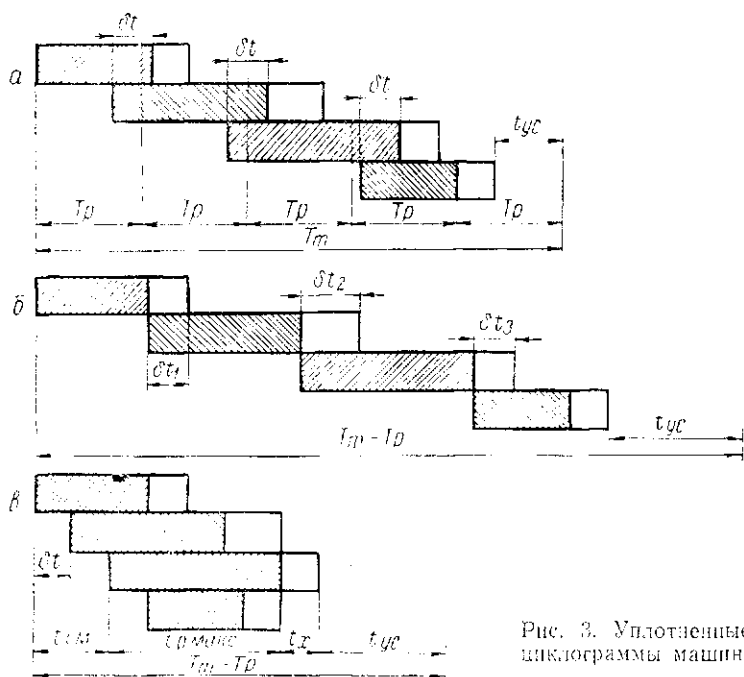


Рис. 3. Уплотненные циклограммы машин.

мещение операций достигается за счет сближения рабочих органов (если это позволяют размеры обрабатываемых объектов) и приводит к уменьшению габаритов машины. Однако мощность приводных электродвигателей при этом возрастает.

Рабочий цикл для машины рис. 3, а определяется как

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^z t_{pi} - (z-1) \delta t}{q-u}, \quad (17)$$

где δt — фазовое время совмещения.

На рис 3, б приведена циклограмма однопозиционной машины последовательного агрегатирования с частичным совмещением вспомогательных операций (например подвод и отвод рабочих органов) с рабочими. Рабочий цикл по сравнению со схемой рис. 1 уменьшается на суммарное время совмещения

$$t_{\text{св}} = \delta t_1 + \delta t_2 + \delta t_3.$$

В машинах параллельного агрегатирования, наоборот, начала выполнения операций могут смешаться друг относительно друга. Это может вызываться особенностями технологического процесса, энергетическими и другими соображениями.

На рис. 3, в приведена циклограмма однопозиционной машины параллельного агрегатирования (рис. 1, в) со смещенными операциями. Здесь начала операций смещены друг относительно друга на фазовое время δt , вследствие чего рабочий цикл увеличивается на расчетное время смещения $t_{\text{см}}$.

$$T'_p = T_p + t_{\text{см}},$$

где T_p — рабочий цикл машины без смещения операций. Если все W параллельно выполняемых операций одинаковы по длительности, то

$$t_{\text{см}} = (W - 1) \delta t.$$

Машины всех рассмотренных классификационных категорий могут иметь один или несколько одноименных рабочих органов, полученных путем агрегатирования одноименных элементов машин. В первом случае машина способна одновременно производить соответствующие операции обработки только над одним предметом труда, тогда как во втором машина может одновременно производить одни и те же операции над несколькими предметами труда.

Соответственно этому каждая из классификационных групп делится на две подгруппы: однопоточные и многопоточные машины.

Число потоков определяется количеством предметов труда, над которыми одновременно выполняются одни и те же операции. Если машина имеет p параллельных потоков (p — поточная машина), то ее теоретическая производительность в p раз больше соответствующей однопоточной машины

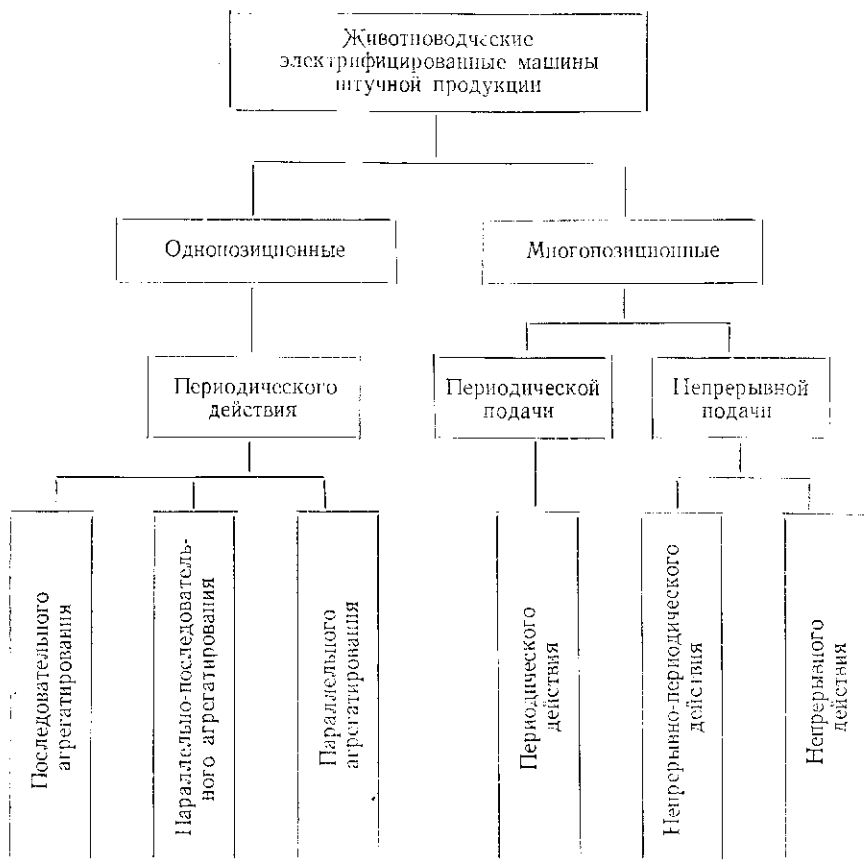
$$П_{\text{т}} = \frac{p}{T_p}. \quad (18)$$

Схема классификации электрифицированных машин животноводства приведена в табл. 1. Подставляя в выражение (18)

полученные выше значения T_p для различных классификационных групп, получим соответствующие формулы теоретической производительности, которые сведены в табл. 2.

Таблица 1

**Схема классификации электрифицированных машин
животноводства**



Классификационная категория и ее отличительные признаки			Рабочий цикл	Теоретическая производительность
класс	под-класс	группа		
I, $q = 1$, $T_T = T_P$		I-A $W = 1$	$T_P = T_T = \sum_1^z t_{p_i} + \sum_1^m t_{x_j} + t_{yc}$	$\Pi_T = \frac{p}{\sum_1^z t_{p_i} + \sum_1^m t_{x_j} + t_{yc}}$
		I-B $Z > W > 1$	$T_P = T_T = \sum_1^{\frac{z}{W}} t_{p_{i \max}} + \sum_1^n t_{x_j} + t_{yc}$	$\Pi_T = \frac{p}{\sum_1^{\frac{z}{W}} t_{p_{i \max}} + \sum_1^n t_{x_j} + t_{yc}}$
		I-B $Z = W$	$T_P = T_T = t_{p_{\max}} + \sum_1^k t_{x_j} + t_{yc}$	$\Pi_T = \frac{p}{t_{p_{\max}} + \sum_1^k t_{x_j} + t_{yc}}$
II, $q > 1$, $T_T > T_P$	II-1		$T_P = t_{p_{\max}} + t_n$	$\Pi_T = \frac{p}{t_{p_{\max}} + t_n}$
	II-2	II-2-A $Z > 1$	$T_P \geq t_{p_{\max}}$	$\Pi_T = \frac{p}{t_{p_{\max}}}$
		II-2-B, $Z = 1$	$T_P = \frac{\sum_1^z t_{p_i}}{q - u}$	$\Pi_T = \frac{p(q - u)}{\sum_1^z t_{p_i}}$