

## О ПРИМЕНЕНИИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ТУРБОМУФТ В ПРИВОДАХ ПОДВЕСНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

А. В. МУРИН, М. М. ГОХБЕРГ, С. И. ШУБОВИЧ

(Представлена научным семинаром кафедры прикладной механики)

Механизация внутрицехового и внутризаводского транспорта становится весьма эффективной в случае применения для больших грузопотоков подвесных конвейеров. Общеизвестные преимущества подвесных конвейеров усиливаются, когда возможно их применение на очень длинных трассах. Однако широкое использование длинных конвейеров ограничивается, в известной мере, необходимостью применения в этих случаях многоприводных систем. Тяжелонагруженные подвесные конвейеры с длиной трассы порядка пятисот метров в большинстве случаев нуждаются уже в двух приводах, а бывают случаи, когда оказывается необходимым применение большого числа приводов.

Применение многоприводных систем вызывает ряд дополнительных требований, которые не всегда легко выполнимы. В случае многоприводных систем необходимо, прежде всего, обеспечить синхронность вращения ведущих звездочек приводных станций как во время установившегося режима, так и при запуске конвейера. Чрезвычайно важно при этом равномерное распределение нагрузок между приводами, а также хорошее предохранение каждого из них и цепи конвейера от возможных аварийных перегрузок.

Синхронность работы ведущих звездочек многоприводного подвесного конвейера может быть достигнута применением объединенного привода с общим приводным валом, приводимого в движение при помощи общей трансмиссии от одного электродвигателя [1]. Этот тип привода может быть применен только тогда, когда ветви конвейера проходят близко друг от друга, в противном случае требуется искусственное удлинение трассы. Кроме того, такой привод обладает существенным недостатком, заключающимся в том, что если одна из ведущих звездочек конвейера сбрасывает по какой-либо причине нагрузку, то вторая перегружается, что вызывает превышение номинальных напряжений в цепи конвейера и может привести к аварии.

При использовании для привода подвесных конвейеров многодвигательных приводов синхронная работа ведущих звездочек подвесного конвейера может быть обеспечена использованием специальных электросистем, например, электрического вала. Такой способ требует специальной электроаппаратуры, двигателей с повышенным скольжением и большого количества электрокабеля. В связи с этим стоимость этого привода велика.

Синхронизация вращения приводных звездочек возможна и через цепь конвейера, но тогда необходимо ввести в привод устройства, ав-

томатически изменяющие скольжение между ведущим и ведомым его звеньями при изменении нагрузки. В этом варианте могут быть применены плоскоремённые передачи, обеспечивающие некоторое скольжение ремня на шкивах, и турбомуфты.

На Алтайском тракторном заводе, на котором подвесные конвейеры нашли довольно широкое распространение, были опробованы все указанные выше типы приводов.

В цехе точного литья в 1958 году был сооружен трехприводный подвесной конвейер, синхронизация работы приводов на котором осуществлялась с помощью электрического вала.

Упрощенная принципиальная электрическая схема управления представлена на рис. 1. Работает эта схема следующим образом. Рубильни-

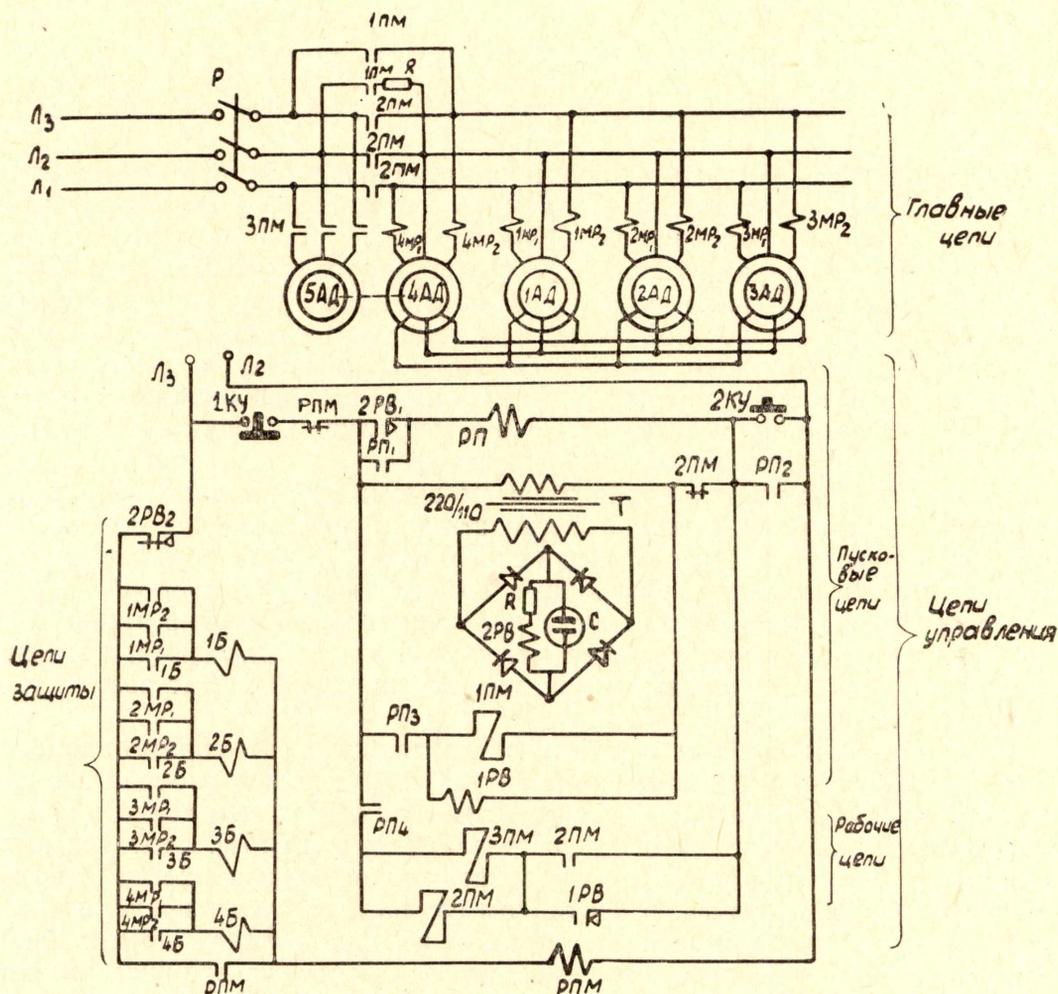


Рис. 1. Упрощенная принципиальная электрическая схема трехприводного конвейера с электрическим валом

ком Р подают напряжение в электросистему. Нажатием кнопки 2КУ включают первичную обмотку трансформатора Т, а вместе с ним и реле времени 2РВ. Замыкая свои контакты, реле 2РВ включает обмотку промежуточного реле РП. Последнее замыкает свои контакты РП<sub>1</sub>, РП<sub>2</sub>, РП<sub>3</sub>, РП<sub>4</sub>. Таким образом реле РП самоблокируется через контакты РП<sub>1</sub> и РП<sub>2</sub>. Замыкание контактов РП<sub>3</sub> и РП<sub>2</sub> обеспечивает включение обмотки 1ПМ и реле времени 1РВ. Реле 1ПМ замыкает свои контакты

в главной сети, питающей двигателя (1—4) АД. Однако 1ПМ включает лишь две фазы, чем обеспечивается перевод двигателей в синфазное положение. С выдержкой времени реле 1РВ запитывает реле 2ПМ, чем подается напряжение в три фазы двигателей.

Одновременно с этим включается обмотка реле 3ПМ и начинается вращение короткозамкнутого двигателя 5АД. На одном валу с этим двигателем находится двигатель — датчик 4АД, который также начинает вращаться. При этом все двигатели приводных станций (1—3) АД начинают синхронное вращение.

После выдержки времени, обеспечивающего описанный процесс запуска, отпадает реле 2РВ. Размыкаются его контакты 2РВ<sub>1</sub> (надобность в них отпадает, так как РП находится на самопитании) и замыкается 2РВ<sub>2</sub>, чем подготавливается цепь защиты от перегрузок через блинкеры (1—4) Б и реле РПМ.

При перегрузке какого-либо двигателя приводной станции (1—3) АД максимальное токовое реле, находящееся в двух фазах каждого двигателя (1—4) МР, замыкает свои контакты в цепи защиты, в результате чего включается катушка реле РПМ. Нормально закрытый контакт РПМ разрывается, сердечники реле 1ПМ, 2ПМ и 3ПМ отпадают, рвутся их контакты в главной цепи, и двигатели приводных станций обесточиваются. После этого они могут быть вновь запущены только нажатием на пусковую кнопку 2КУ.

Аварийная остановка осуществляется нажимом на кнопку 1КУ. Эксплуатация этого конвейера показала достаточную надежность и работоспособность такой электросистемы, но она не получила дальнейшего распространения на заводе из-за ее недостатков, о которых упоминалось выше.

Для передачи деталей из механического цеха в термический и обратно в 1960 году на заводе был сооружен двухприводный подвесной конвейер длиной около 500 метров. Синхронизация работы приводных станций и предохранение от перегрузок было осуществлено с помощью плоскоременных передач.

В 1962—1963 гг. сооружен тяжелонагруженный двухприводной подвесной конвейер длиной около 580 метров для транспортирования литников, синхронизация вращения ведущих звездочек в котором была осуществлена с помощью общего приводного вала.

Эксплуатация этих конвейеров показала, что даже в случае применения в приводах плоскоременных передач не обеспечивается надежная защита приводов и цепи при внезапном (аварийном) ее стопорении. Отсутствие надежной защиты приводов и цепи конвейеров приводило к сравнительно частым их простоям из-за аварии по указанной причине. В связи с этим кафедрой прикладной механики Томского политехнического института совместно с Алтайским тракторным заводом были проведены в 1958—1961 гг. работы по созданию более совершенного привода для подвесных конвейеров, лишённого указанных выше недостатков. Таким приводом является привод с предохранительной турбомуфтой. На кафедре прикладной механики ТПИ были разработаны и исследованы предохранительные турбомуфты, предназначенные для приводных станций подвесных конвейеров.

В 1963 году в кузнечном цехе АТЗ был сдан в эксплуатацию тяжелонагруженный подвесной конвейер (для транспортирования облоя) длиной 410 метров с двухдвигательным приводом, снабженным предохранительными турбомуфтами с несимметричными колесами и дополнительной камерой со стороны насосного колеса, разработанными одним из авторов статьи инж. А. В. Муриным. Пространственная схема кон-

вейера показана на рис. 2. Как видно из схемы, конвейер имеет достаточно сложную трассу, причем значительная часть трассы (примерно 2/5) проходит вне помещения. С целью проверки работоспособности в реальных условиях на приводы были поставлены турбомуфты ТМ 280 и ТМ 310, имеющие активный диаметр 280 и 310 мм и несколько отличающиеся одна от другой по конструктивному оформлению внутренних полостей. На северной приводной станции была установлена турбомуфта ТМ280, а на южной — ТМ310 (рис. 2). Основные параметры турбо-

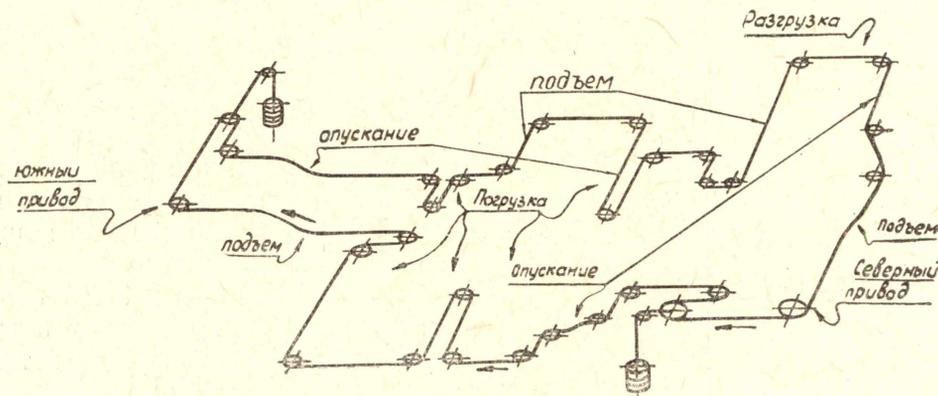


Рис. 2. Трасса двухдвигательного подвешенного конвейера с предохранительными турбомуфтами.

муфты ТМ280 приведены в [2]. Общий вид одной из приводных станций этого подвешенного конвейера показан на рис. 3. В качестве приводных двигателей на данном конвейере используются два асинхронных электродвигателя с короткозамкнутым ротором типа АО51-4 с номинальной мощностью  $N = 4,5$  квт каждый при  $n = 1440$  об/мин. Номинальная скорость движения цепи конвейера, равная  $2,5$  м/мин., обеспечивается при принятых размерах ведущей звездочки редуктором с передаточным числом  $i = 1556,7$ .

Достоинства приводов с предохранительными турбомуфтами были выявлены уже с первых дней эксплуатации этого конвейера. Турбомуфты обеспечивали плавный запуск конвейера, синхронную работу ведущих звездочек и надежную защиту как привода, так и цепи при аварийном ее стопорении. Проведенные в марте 1964 г. экспериментальные исследования работы конвейера подтвердили эти выводы, сделанные на основании визуальных наблюдений. Во время экспериментальных исследований одновременно осциллографировались мощности, потребляемые каждым электродвигателем, усилия в цепи конвейера перед каждой ведущей звездочкой и скорости вращения насосных и турбинных колес турбомуфт. Записи указанных параметров были проведены при установившемся движении, в период пуска и при внезапном стопорении цепи конвейера.

На рис. 4,а представлена типичная осциллограмма мгновенной мощности, потребляемой одной и той же фазой каждого приводного электродвигателя конвейера с предохранительными турбомуфтами во время установившегося движения. Записи мощности были проведены с помощью вибраторов мощности Д-1, XI типа. Скорость подачи пленки при записи данной осциллограммы была равна  $50$  мм/сек. Нижняя запись дает представление о мощности, потребляемой двигателем северного привода, а верхняя — южного, причем величина потребляемой в данное мгновение мощности пропорциональна ординатам, измеряемым

вверх от нулевой линии для северного привода и вниз от нулевой линии — для южного. Ваттметрами, включенными одновременно со шлейфами мощности, была произведена тарировка записей на осциллограммах. Во время записи этой осциллограммы соотношение между мощностями, потребляемыми северным  $N_c$  и южным  $N_{ю}$  приводами, было равно  $N_{ю} = (1,09—1,12) N_c$ . Проведенные замеры показали, что и в других случаях разница в мощностях, потребляемых электродвигателями, чаще всего не превышает 10—15%. Как видно из приведенной осцилло-

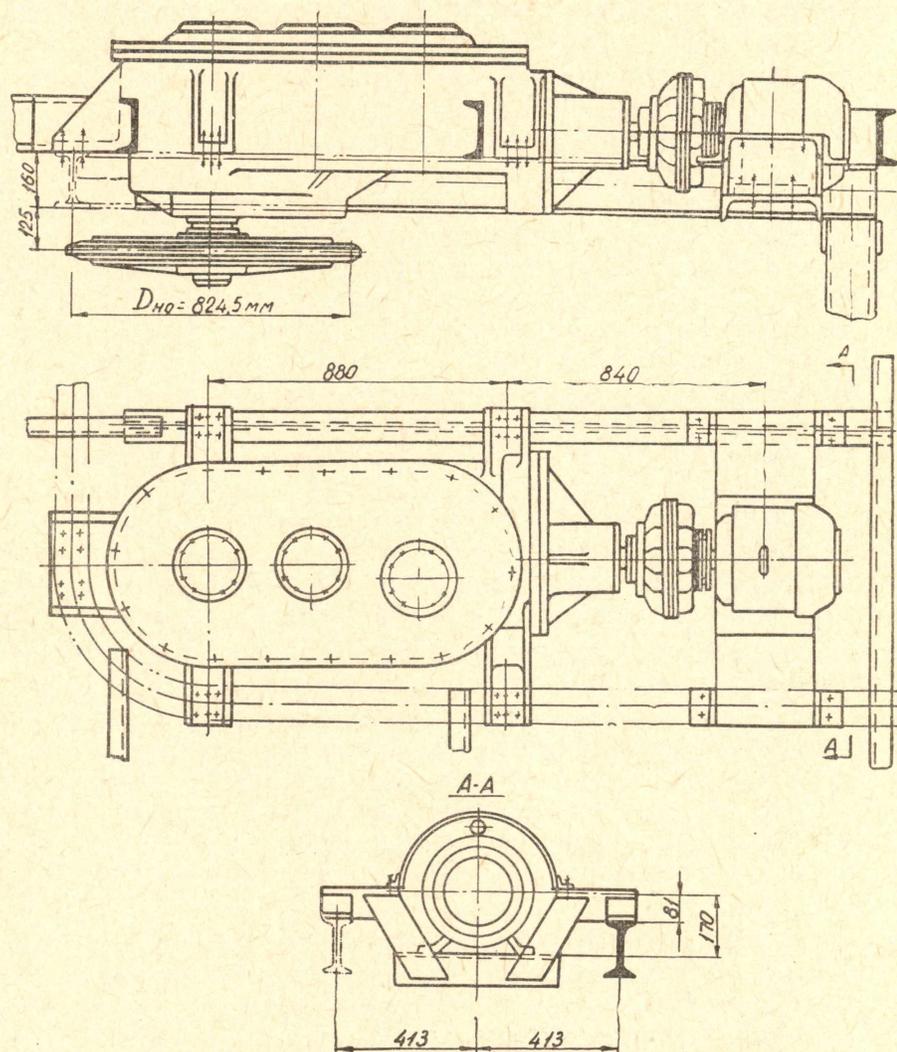


Рис. 3. Общий вид одной из приводных станций двухдвигательного подвесного конвейера с предохранительными турбомуфтами

граммы, потребляемые двигателями мощности практически не меняются. Это обстоятельство является важным свойством приводов с турбомуфтами. Оно говорит о том, что турбомуфта сглаживает динамические нагрузки, возникающие в цепи и приводе во время работы конвейера. Незначительная пульсация мощности с периодом, соответствующим одному обороту ротора двигателя южного привода (верхняя запись на рис. 4,а), объясняется нами некоторой несимметрией двигателя, что сказалось на величине напряжения между фазой, в которой проводились замеры мощности, и нулем обмоток статора. При замере же мощности в фазе двигателя северного привода был использован для измере-

ния напряжения искусственный нуль из трех одинаковых специально подобранных сопротивлений, что обеспечило более точное значение нулевого напряжения, имитирующего напряжение на середине звезды, в которую соединены обмотки статоров приводных электродвигателей. Использование искусственного нуля для электродвигателя северного привода было вызвано значительным его удалением (150—200 м) от южного, около которого были расположены приборы для проведения измерений; по соображениям же техники безопасности, не представлялось возможным осуществить при замерах коммутацию естественного нуля обмоток статора северного привода с измерительной аппаратурой.

На рис. 4,б приведена также типичная осциллограмма, на которой записаны усилия в ветвях цепи конвейера перед ведущими звездочками при установившемся движении цепи конвейера. Для записи усилий использовались тензозвенья с индуктивными датчиками, которые позволили избежать применения усилительной аппаратуры и подавать выходной сигнал с измерительной схемы непосредственно на вибратор осциллографа. Осциллографирование усилий проводилось с помощью вибраторов V типа. В соответствии с рекомендацией в [3] и малой частотой изменения измеряемых величин для питания датчиков была использована несущая частота 50 гц. Выходной сигнал преобразовывался с помощью мостика, собранного из германиевых диодов и обеспечивающего двухполупериодное выпрямление, в пульсирующий ток частотой 100 гц, который и записывался на пленке осциллографа. Таким образом, огибающая максимальных значений тока на осциллограмме дает представление о величине и характере изменения усилий в цепи конвейера с предохранительными турбомуфтами. Нулевая линия усилия в цепи конвейера перед северным приводом расположена у нижнего края осциллограммы, а южного — у верхнего края осциллограммы.

В связи с большими поперечными деформациями звеньев цепи конвейера, динамометры, которые были созданы на их базе, имели нелинейные характеристики. Поэтому при анализе осциллограммы нельзя оценить величину изменения усилия в ветвях цепи непосредственно по изменению максимальных значений тока. Изменения усилий в ветвях цепи конвейера, по данным осциллограммы на рис. 4,б, находятся в пределах 4100—3700 кг для северного привода и 3600—4000 кг — для южного (скорость протягивания пленки при записи была равной 50 мм/сек).

Однако из осциллограммы видно, что усилия в цепи конвейера меняются плавно, т. е. что динамические нагрузки незначительны. Замеры усилий в цепи конвейера показали, что они значительно превышают номинальные, которые для разборной цепи с шагом  $t = 160$  мм, применяемой на этом конвейере, составляют 2500 кг. Это объясняется нами тем, что в течение месяца перед испытаниями температура воздуха вне помещения была 20—30°C ниже нуля, что и вызвало дополнительные сопротивления на участках трассы конвейера, проходящих на открытом воздухе. Это объяснение подтверждается тем, что проведенные через неделю испытания этого же конвейера при такой же примерно рабочей нагрузке дали значения усилий в цепи конвейера 1500—200 кг. Температура воздуха вне помещений в течение этой недели была значительно выше и колебалась от 0 С до —10°C.

Для оценки результатов, полученных при испытании двухдвигательного конвейера с предохранительными турбомуфтами, были произведены замеры потребляемой мощности на двухдвигательном конвейере, имеющем приводы с плоскоремennыми передачами, обеспечивающем

транспортировку деталей из механического цеха в термический и обратно, о котором уже упоминалось выше.

На рис. 4,в приведена осциллограмма, на которой записаны мощности, потребляемые одной и той же фазой приводных электродвигателей. Мощность, потребляемая двигателями, пропорциональна ординатам, расположенным на верхней записи вниз, а на нижней — вверх от нулевых линий.

Записи на осциллограмме тарировались с помощью включенных в схему ваттметров. Так, если величину мощности, потребляемую первым двигателем (верхняя запись), принять за единицу, то мощность, потребляемая вторым двигателем, была в 1,55—1,64 раза больше (по показаниям ваттметров, для этого участка осциллограммы). Скорость протягивания пленки при записи на этом участке (втором, считая справа налево) была равной 25 мм/сек, а на первом — 4 мм/сек. Как видно из осциллограммы, потребляемые двигателями этого подвесного конвейера мощности имеют достаточно резкие (за время 0,02—0,03 сек) колебания, причем величина бросков мощности в некоторых местах доходит до 15% от ее минимального значения. Такие колебания мощности, потребляемой двигателями, свидетельствуют о еще более резких изменениях усилий в цепи конвейера, свидетельствуют о том, что плоскоременная передача не обеспечивает полное сглаживание динамических нагрузок в цепи и приводах конвейера.

Динамические же нагрузки, естественно приводят к снижению срока службы цепи, вызывают усталостные разрушения ее звеньев. Этим, а также недостаточными защитными свойствами плоскоременной передачи и объясняются, по нашему мнению, участвовавшие в последнем году аварии на этом конвейере из-за разрывов его цепи.

Таким образом, проведенные испытания показали, что плоскоременные передачи, повышая скольжение между ведущими и ведомыми звеньями и компенсируя тем самым различие в характеристиках электродвигателей многодвигательного привода, делают возможным их работу в многоприводной системе, но они не могут полностью удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к таким приводам. Они не обеспечивают равномерного распределения нагрузки между двигателями, а значительные и сравнительно резкие колебания потребляемой мощности свидетельствуют о наличии больших динамических нагрузок, действующих на звенья приводов и цепь конвейера при использовании приводов с такими передачами.

Сравнивая результаты исследований работы конвейера, имеющего двухдвигательный привод с предохранительными турбомуфтами и двухдвигательный привод с плоскоременными передачами, видим бесспорные преимущества первого типа приводов при работе на установившемся режиме. При возможных аварийных стопорениях цепи, как показывает опыт эксплуатации таких конвейеров, ременные передачи не обеспечивают ее защиту от разрушения, в то время как предохранительные турбомуфты успешно справляются и с этой задачей.

Проведенное осциллографирование усилий в ветвях цепи конвейера с турбомуфтами при внезапном ее стопорении показывает, что величина отношения максимального усилия в цепи перед ведущей звездочкой к номинальному  $P_n = 2500$  кг составляет перед северной станцией  $2 \div 2,2$ , а перед южной — 1,4, т. е. не превышает величину допускаемых перегрузок для такой цепи. При этом эксперименте стопорение цепи было осуществлено перед северной станцией примерно в 30—35 м от нее.

На полученной осциллограмме можно видеть и другую очень важную особенность процесса стопорения цепи конвейера, имеющего в при-

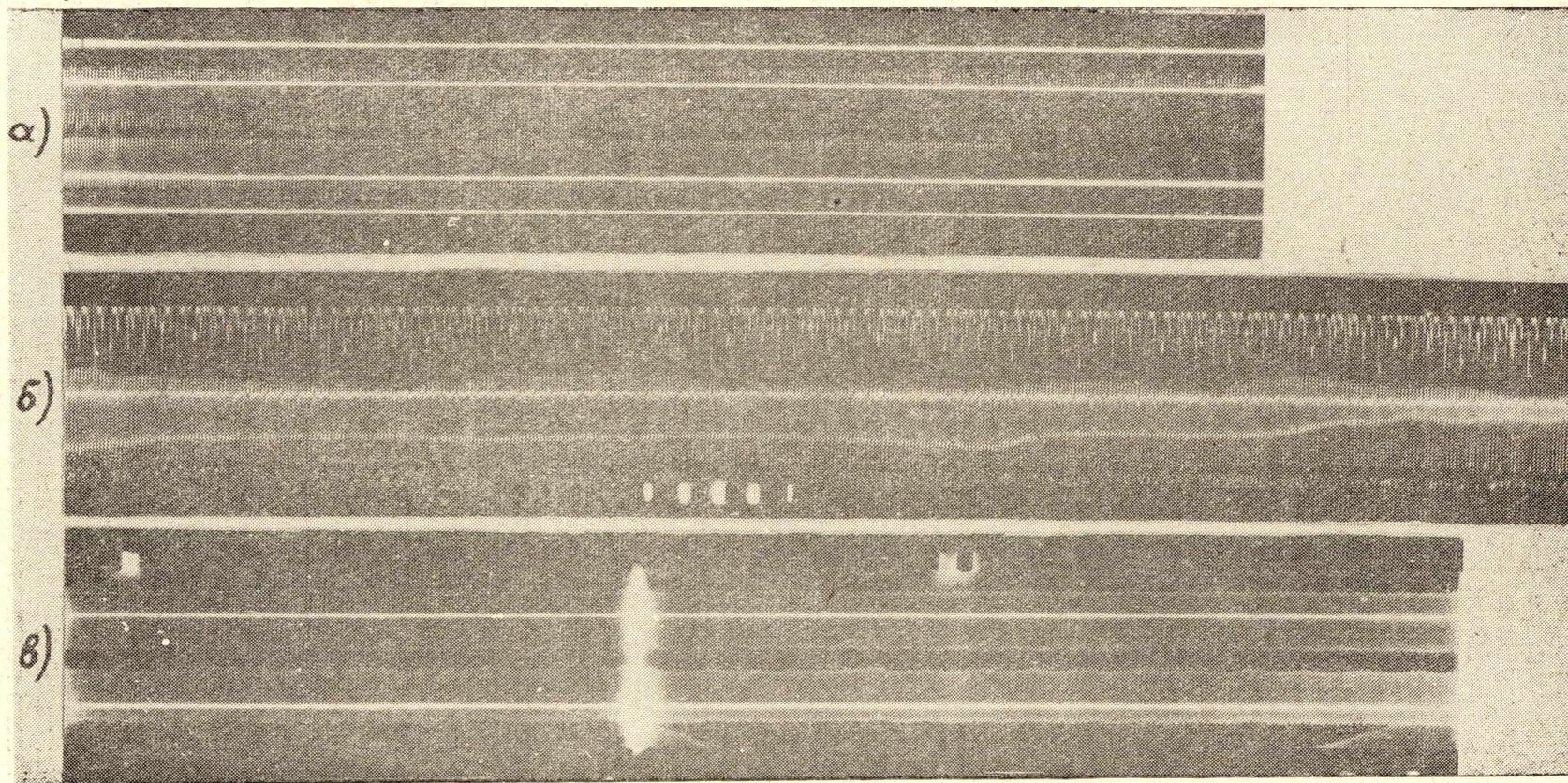


Рис. 4. Осциллограммы потребляемой мощности (а), усилий в цепи конвейера перед ведущими звездочками (б) двухдвигательного подвесного конвейера с предохранительными турбомуфтами; (в) — осциллограмма потребляемой мощности двухдвигательного подвесного конвейера с плоскоремennыми передачами

водах предохранительные турбомуфты. Такой особенностью является постепенное и плавное нарастание нагрузки в цепи при ее внезапном стопорении.

Таким образом, сравнивая результаты исследований работы двухдвигательного конвейера с предохранительными турбомуфтами и двухдвигательного конвейера с плоскоременными передачами, а также имея в виду опыт эксплуатации подобных конвейеров с другими типами приводов, можно сказать, что применение предохранительных турбомуфт достаточно просто и надежно решает все возникающие при использовании многодвигательных приводов задачи. В заключение следует отметить, что приводы с предохранительными турбомуфтами, по нашему мнению, являются наиболее перспективными типами приводов не только для многодвигательных, но и для одноприводных подвесных конвейеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Дьячков. Подвесные конвейеры. Машгиз, 1961.
2. А. В. Мурин. О влиянии положения оси вращения гидромуфты на ее характеристики. Известия Томского политехнического института, т. 96, вып. 2, 1961.
3. А. М. Турчин. Электрические измерения неэлектрических величин. Госэнергоиздат, 1959.