Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVII, вып. 1, 1962 г.

ФУТЕРОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПЛАСТМАСС ДЛЯ МНОГОКАНАТНЫХ ШКИВОВ ТРЕНИЯ

В. А. Кабанов

С применением многоканатных подъемных установок со шкивами трения возникла необходимость в новых материалах, пригодных для футерования желобов канатоведущих шкивов подъемных машин. Наиболее распространенные футеровочные материалы — дерево (дуб) и резино-тканевая конвейерная лента — имеют недостаточный коэффициент сцепления со стальным канатом (соответственно 0,17 и 0,25 [6]) при неудовлетворительном сроке службы (3—5 месяцев). Коэффициент сцепления футеровочных материалов со стальным канатом должен быть не ниже 0,3 [4, 5] и не должен снижаться при увлажнении каната; допускаемое удельное давление на футеровку не должно быть ниже 25 *кг/см*^{2}; срок службы футеровки — не менее 5 лет [4]; футеровка не должна изнашивать канаты и загораться при продолжительной пробуксовке канатов и должна быть достаточно упругой [8].

При изысканиях новых футеровочных материалов следует иметь в виду, что фрикционные материалы с высокими значениями коэффициента трения, используемые в качестве тормозных накладок или колодок, могут оказаться совершенно непригодными для футерования шкивов трения. Это объясняется следующими особенностями работы тормозных и футеровочных материалов:

а) в тормозных устройствах начальная относительная скорость скольжения фрикционных накладок в момент соприкосновения с тормозным ободом измеряется десятками метров в секунду; для футеровочных материалов эта скорость равна нулю;

б) решающее значение для тормозных материалов имеют высокая термостойкость и теплопроводность колодок, так как почти вся кинетическая энергия затормаживаемой системы должна перейти в тепло; для футеровочных материалов эти качества начинают играть положительную роль только при продолжительной пробуксовке канатов, свидетельствующей об аварийном состоянии системы;

в) упругие свойства тормозных материалов не играют решающей роли; футеровочные материалы с малой жесткостью благоприятны с точки зрения уравновешивания натяжений в отдельных канатах многоканатного подъема [8]; применение материалов с высокой упругостью вызывает повышение коэффициента сцепления с канатом, возникающее в связи с начинающимся проскальзыванием каната по упругой футеровке [1, 6, 7, 9].

Таким образом, при изысканиях футеровочных материалов не следует ориентироваться на фрикционные качества известных тормозных.

В литературе приводятся разнообразные и противоречивые данные о значениях коэффициента сцепления для различных материалов. Так, например, по сводным данным З. Кавецкого и Ю. Стахурского [9], коэффициент сцепления для кожи, дуба, вяза, бука и алюминия колеблется в широких пределах, отличаясь более чем в три раза. Такие расхождения объясняются отсутствием единой методики испытаний и неодинаковыми условиями обстановки экспериментов. Немаловажную роль играет также обработка результатов испытаний: можно, например, представить либо минимальные значения параметров (для фрикционных материалов), либо максимальные (для антифрикционных, в частности подшипников) Нет единых правил и методов испытаний фрикционных

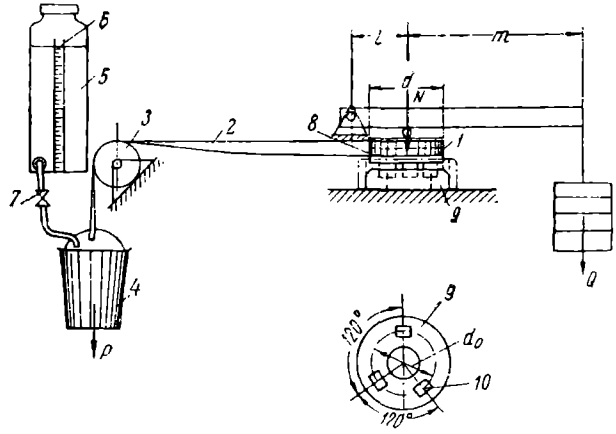


Рис. Схема испытательной машины типа *А* с
А. К. Зайцева

качеств футеровочных материалов, работающих в паре с гибким органом в виде стального каната.

Большинство исследований в этой области можно отнести к одному из следующих трех этапов: I этап — лабораторные исследования фрикционных пар с помощью приборов или специальных лабораторных машин (стендов) с целью установления физической природы трения или сравнительных испытаний различных материалов и отбора наиболее качественных из них; II этап — испытания на модельных установках, имитирующих действительные условия работы фрикционных пар при максимальном приближении условий опыта к реальной обстановке; III этап — испытания на действующих (промышленных) установках в реальных условиях работы.

Наиболее ценные данные, естественно, можно получить при испытаниях в III этапе, однако испытания на I или II этапах дают возможность быстро и экономично отобрать самые качественные материалы.

Х. Хитчен [10] на шахте Мертон (Англия) определил коэффициент сцепления каната закрытой конструкции с деревянной футеровкой из вяза. Это единственные из опубликованных зарубежных исследований для канатов закрытой конструкции, отвечающие III этапу. Данные лабораторных испытаний различных футеровочных материалов (по I этапу) опубликовали З. Кавецкий и Ю. Стахурский [9].

Определением фрикционных качеств футеровочных материалов применительно к многоканатным шкивам трения занимались МакНИИ [2], Донгипроуглемаш [6], завод им. XV-летия ЛКСМУ, Ново-Краматорский

завод (НКМЗ), лаборатория канатов ИГД АН УССР [8]. В результате исследований, соответствующих I и II этапам, эти организации рекомендуют применять следующие футеровочные материалы: пресс-массу 6КВ-10 (завод им. XV-летия ЛКСМУ); прорезиненную ткань — конвейерную ленту (МакНИИ, Донгипроуглемаш, лаборатория канатов ИГД АН УССР).

Более поздние эксперименты в МакНИИ и на заводе им. XV-летия ЛКСМУ проводились с кабельным пластикатом, основой которого является полихлорвиниловая смола, по рецептуре Р-38 Охтинского химкомбината. Хорошие коэффициенты сцепления и износоустойчивость при работе в паре со стальным канатом позволили этим организациям рекомендовать кабельный пластикат Р-38 в качестве футеровочного материала для канатоведущих шкивов многоканатных подъемных машин.

С 1958 г. на кафедре горной механики Ленинградского горного института исследовались фрикционные качества некоторых футеровочных материалов и в первую очередь пластмасс на основе полихлорвиниловых смол. Проводились две серии испытаний: 1) на универсальной испытательной машине типа *А* конструкции А. К. Зайцева в лаборатории трения и смазки Ленинградского политехнического института; 2) на установке, смонтированной в лаборатории горной механики Ленинградского горного института.

При испытаниях определялись: 1) пусковой (статический) коэффициент трения всухую и при смазке водой; 2) коэффициент сцепления при скорости скольжения 3,5 *м/сек* и смазке водой; 3) то же, при выбеге двигателя, в момент остановки; 4) износ образцов по весу.

Испытывались следующие пластмассы: 1) кабельный пластикат Охтинского химкомбината по рецептуре Р-38; 2) пластмасса, изготовленная Охтинским химкомбинатом в соответствии с химическим составом образца шведской фирмы ASEA (условно обозначенная ОХК-ПП); 3) пластмасса со стеаратом бария (коричневого цвета), предложенная Охтинским химкомбинатом (условно обозначенная ОХК-СБ); 4) пластмасса, изготовленная Институтом полимеризации пластмасс по измененной рецептуре (условно обозначенная ПП); 5) полиэтилен низкого давления. Кроме пластмасс испытывался также дуб (в торец)

За эталонные качества при сравнительных лабораторных испытаниях принимались фрикционные характеристики образца полихлорвинилового пластиката шведской фирмы ASEA.

Испытания на машине типа *А*. В принятой для испытания конструкции машины типа *А* и методике [3] изменена была форма образцов: вместо цилиндрических столбиков диаметром 5 *мм*, теряющих при испытаниях устойчивость, из пластических материалов изготовлялись образцы квадратной формы с длиной стороны 10 *мм*. В качестве контртела использовались стальные шлифованные кольца (Ст. 5).

На машине определялись значения статического (пускового) коэффициента трения всухую и при смазке водой. Для этого машина *А* снабжалась дополнительным устройством (рис. 1), состоящим из шайбы *1* с закрепленным на ней ремнем *2*. Ремень огибает направляющий шкив *3*. К концу ремня подвешен сосуд *4*, куда из мерного бака *5*, снабженного шкалой *6* и краном *7*, поступает вода. В момент начала трогания шайбы (с укрепленным внутри нее кольцом *8*, находящимся в контакте с испытуемыми образцами *10*, заложенными в нижнюю обойму *9*), кран *7* перекрывается, что позволяет достаточно точно фиксировать величину нагрузки *P*, под влиянием которой система приходит в движение. Нормальное давление *N* создается с помощью грузов *Q*, подвешиваемых на конце нагрузочного рычага машины.

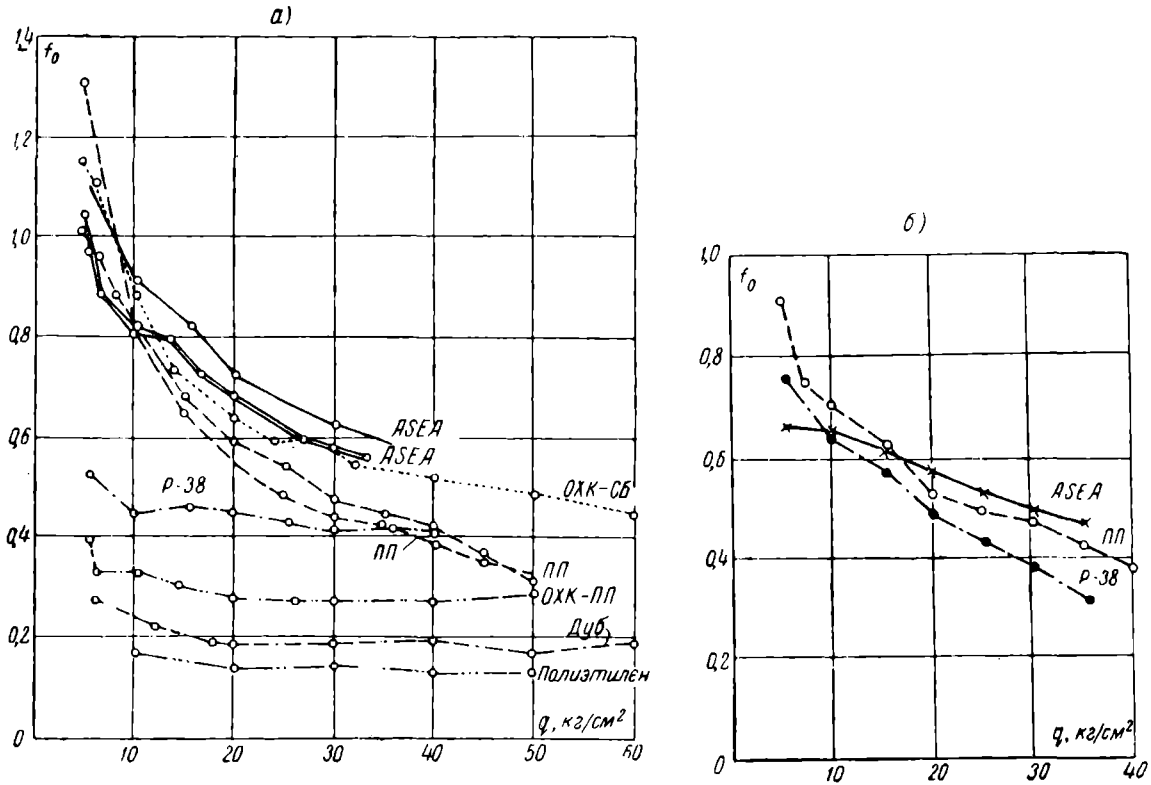


Рис. 2. Статический коэффициент трения: *а* — сухого; *б* — при омазке водой

Коэффициент трения

$$f_0 = \frac{d}{d_0}\frac{P}{N},$$

где d — диаметр шайды, 70 *мм*;

d_0 — средний диаметр окружности, на которой располагаются образцы, 43 *мм*;

P — вес сосуда с водой, *кг*;

N — нормальное давление, *кг*,

$$N = Q\frac{l+m}{l},$$

где l и m — длина плеч рычага, *мм*.

Как видно из рис. 2, *а*, самыми высокими значениями коэффициента трения (не ниже 0,4) при удельных давлениях q до 30 *кг/см*^{2} обладают пластмассы ASEA, ОХК-СБ, ПП и Р-38. Однако из дальнейших испытаний пластмасса ОХК-СБ была исключена вследствие недостаточной прочности и износоустойчивости. Коэффициент трения ниже 0,3, характеризующий пластмассу ОХК-ПП при повышенных удельных давлениях, также не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к футеровочным

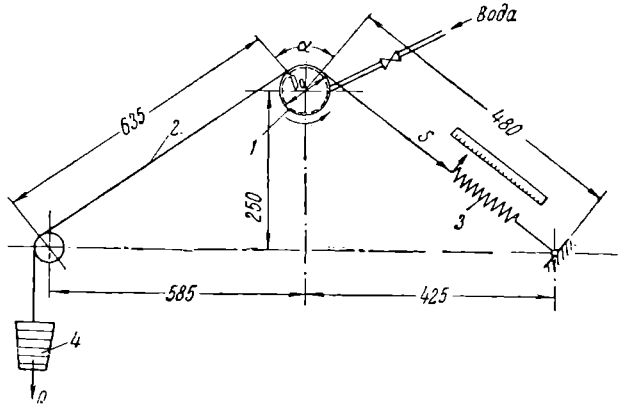


Рис. 3. Схема испытательного стенда Ленинградского горного института

материалам многоканатных подъемных машин. Наиболее низкие значения коэффициента сухого трения получены для полиэтилена низкого давления и дуба. Пластмасса ПП по величине коэффициента трения занимает промежуточное положение между ASEA и Р-38.

При смазке водой статический коэффициент трения пластмасс ASEA, ПП и Р-38 (при удельных давлениях до 30 *кг/см*^{2}) не ниже 0,3 (рис. 2, *б*). Пластмасса ПП так же, как и при сухом трении, обладает более высоким коэффициентом трения, чем кабельный пластикат Р-38.

Испытания на установке Ленинградского горного института. Для исследования фрикционных качеств испытываемых пластмасс при работе в паре со стальным канатом в лаборатории горной механики был сооружен специальный стенд (рис. 3) Через круглый образец *1* ($D_0 = 60 \div 100$ *мм*) перекинут стальной канат *2* крестовой свивки диаметром 4,5 *мм* (6×19). Образец вращается от двигателя постоянного тока. Один конец каната присоединен к динамометру *3*, а ко второму подвешиваются грузы *4*. По измеренным значениям натяжений ветвей

канатов S и Q и известному углу обхвата α, используя закон Л. Эйлера, можно определить коэффициент сцепления

$$f = \frac{2{,}303}{\alpha}(\lg S - \lg Q).$$

Среднее удельное давление каната на образец подсчитывалось с учетом углов наклона ветвей каната геометрическим сложением натяжений S и Q.

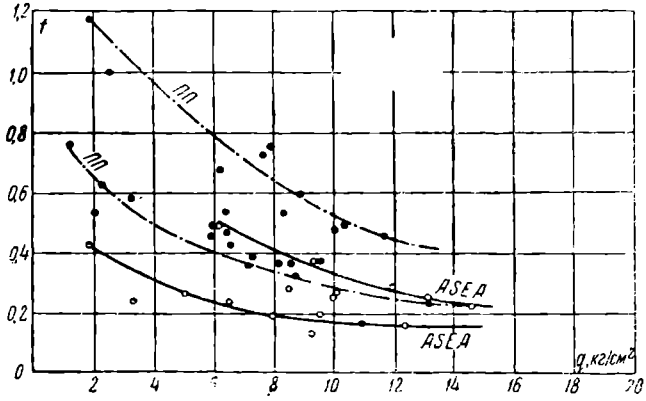


Рис. 4. Зависимость коэффициента сцепления от удельного давления (при скорости 3,5 *м/сек*)

Установка дала возможность определить: износ образцов стальным проволочным канатом; коэффициент сцепления материала образца со стальным канатом при полной скорости вращения и на режиме выбега двигателя — в момент остановки. Перед испытаниями на изнашивание образцы подвергались приработке при нагрузках 8—10 *кг* в течение 30 *мин*. После испытаний при различных нагрузках замерялся износ по весу (с точностью до 0,0002 *г*) Все испытания проводились при смазке водой, которая подавалась на желобок образца (2 *л/мин*). Скорость вращения образцов 1100 *об/мин*.

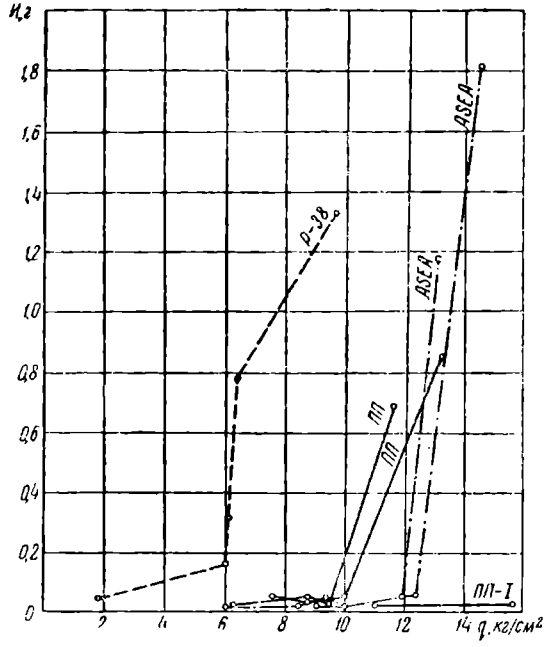


Рис. 5. Зависимость износа от удельного давления пластмасс Р-38, ПП и ASEA

Режим выбега двигателя до полной остановки выявлял влияние скорости вращения образца на величину коэффициента сцепления. Эксперименты МакНИИ [2] при протяжке через зажимное устройство влияния скорости относительного перемещения не обнаружили.

Установлено, что коэффициент сцепления зависит от скорости вращения образцов, однако характер этой зависимости не исследовался, а определялось значение f в момент остановки.

Как видно из рис. 4, область значений коэффициентов сцепления пластмассы ПП лежит выше, чем пластмассы ASEA. Влияние смазки водой при работе в паре со стальным канатом для футеровки из пластмассы ПП меньше, чем для пластмассы ASEA. Наименьший износ *И* имеет пластмасса ASEA, наибольший — кабельный пластикат Р-38 (рис. 5). Пластмасса ПП по износоустойчивости ближе к пластмассе ASEA, а один образец (ПП-1) показал даже меньший износ, чем ASEA.

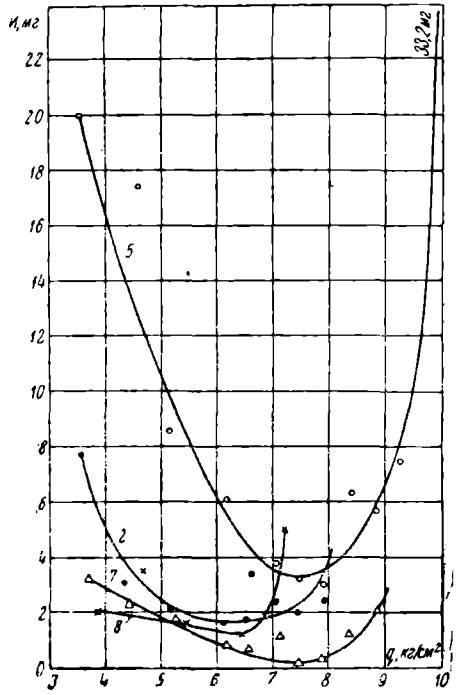


Рис. 6. Зависимость износа от удельного давления образцов пластмассы *ПП* при содержании пластификатора (весовая часть):
образец *5*—35; образец *2* — 40; образец *7* — 45; образец *8* — 50

Лабораторные испытания различных пластмасс отечественного производства на полихлорвиниловой основе показали, что наилучшими фрикционными характеристиками обладает пластмасса ПП.

Дальнейшие испытания на стенде Ленинградского горного института уточнили рецептурный состав новой партии образцов пластмассы ПП, полученной опытным цехом Охтинского химкомбината. Два комплекта образцов четырех рецептурных составов отличались весовым

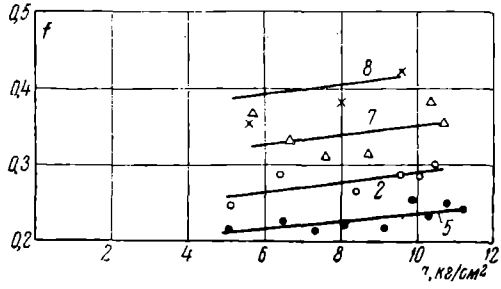


Рис. 7 Коэффициент сцепления со стальным канатом для образцов пластмассы ПП в режиме выбега двигателя

содержанием пластификатора. Рассмотрев рис. 6, можно сделать следующие выводы: наиболее высокую предельную нагрузку выдерживает образец *5*; максимальной износоустойчивостью обладает образец *7*; минимальная из предельных нагрузок у образца *8*. Наивысшее значение коэффициента сцепления получено для образца *8*, минимальное — для образца *5* (рис. 7). Таким образом, увеличение весового содержания пластификатора в пластмассе ПП закономерно повышает коэффициент сцепления.

Выводы

1. Проведенные изыскания и исследования ряда синтетических материалов на основе полихлорвиниловой смолы позволили установить, что оптимальные показатели как по коэффициенту сцепления, так и по износоустойчивости имеет полихлорвиниловый пластикат ПП-45 (45 весовых частей пластификатора).

2. Регулирование качественных показателей пластмассы ПП возможно путем изменения содержания пластификатора. С его увеличением

возрастает коэффициент сцепления и повышается износоустойчивость, но при соответствующем снижении предельной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. В. Физические основы передачи сдвигающей силы контактом трения. Изд-во МГИ, 1958.
2. Белый В. Д., Овсиенко П. И. Исследование фрикционных свойств материалов футеровки ведущих шкивов. Сб. «Вопросы горной электромеханики», т. XI, вып. 3, Госгортехиздат, 1960.
3. Зайцев А. К. Основы учения о трении, износе и смазке машин, ч. II, Машгиз, 1947
4. Изготовление и монтаж многоканатных шахтных подъемников. Изд. ГНТК СМ СССР (ротапринт), 1960.
5. Кабанов В. А., Факторович А. М. Пути расширения области применения многоканатного шахтного подъема со шкивами трения. Изв. вузов, «Горный журнал», 1960, № 7.
6. Коняева Л. П. О фрикционных качествах футеровочных материалов для шкивов трения подъемных машин. Сб. «Многоканатный подъем в горной промышленности», Госгортехиздат, 1960.
7. Чудаков Е. А. К вопросу о трении тел, обладающих высокой упругостью. Тр. конференции по трению и износу в машинах, т. I, Изд-во АН СССР, 1939.
8. Шабанов-Кушнаренко Ю. П. Применение упругой футеровки на многоканатных шкивах трения. Сб. «Многоканатный подъем», Углетехиздат, 1958.
9. Kawecki Z., Stachurski J. Przegl. górniczy. 1955, N 7—8.
10. Hitchen. H. Colliery Engng., 1952, May.