

О ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ТОРМОЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

В статье рассматриваются вопросы безопасности, связанные с технологической эксплуатацией ленточных конвейеров. В качестве одного из эффективных способов снижения производственного травматизма приводится применение системы аварийного останова, обеспечивающей автоматическое отключение и торможение рабочих органов конвейера при появлении человека в опасной зоне.

Ключевые слова: ленточный конвейер, безопасность, производственный травматизм.

L.N. Gorbunova

ABOUT THE LAW OF THE BELT CONVEYOR BRAKING TIME DISTRIBUTION

The security issues related to the technological exploitation of the belt conveyor operation are considered in the article. The application of the emergency shutdown system providing the automatic disconnection and the conveyor working body braking in case of the man appearance in the dangerous zone is presented as one of the effective ways to reduce industrial injuries.

Key words: belt conveyor, safety, industrial injuries.

Введение. Особую опасность при эксплуатации ленточных конвейеров представляет появление человека вблизи опасных зон – вращающихся элементов приводных, натяжных, загрузочных, разгрузочных узлов и др. Одним из эффективных способов снижения производственного травматизма, связанного с эксплуатацией ленточных конвейеров и повышением их безопасности, является применение системы аварийного останова, обеспечивающей автоматическое отключение и торможение рабочих органов конвейера при появлении человека в опасной зоне. Система аварийного останова при появлении человека включает:

- датчик, подающий сигнал на отключение привода и включение тормоза конвейера;
- электроаппаратуру, которая по сигналу датчика выключает привод конвейера и включает тормоз;
- тормоз конвейера (обычно колодочный или какой-либо другой фрикционный).

Эффективность применения системы аварийного останова ленточного конвейера определяется временем ее срабатывания – временем от момента подачи сигнала датчиком до окончания остановки конвейера:

$$t_c = t_d + t_a + t_T, \text{ с,}$$

где t_d – время срабатывания датчика; t_a – время срабатывания электроаппаратуры управления тормозом; t_T – время торможения от момента включения тормоза до полной остановки конвейера.

Для точного определения t_c и места установки датчика все величины, входящие в уравнение, следует рассматривать как случайные, независимые, описываемые своими законами распределения. Согласно [1], ток срабатывания датчика и электроаппаратуры управления тормозом подчиняется закону нормального распределения. Поскольку ток срабатывания и время срабатывания связаны между собой функциональной зависимостью, то можно полагать, что и время срабатывания также будет распределено по нормальному закону.

Закон распределения времени t_T по аналогии зачастую также считают нормальным, однако в работах [2, 3] показано, что закон распределения вероятностей тормозного пути при воздействии сил трения равномерный. Это позволяет предполагать, что и время t_T распределено равномерно.

Цель исследований. Определение закона распределения времени торможения ленточного конвейера от момента включения тормоза до полной его остановки.

Материалы и методы исследований. В качестве экспериментальной установки использовался ленточный конвейер 1 (рис. 1) длиной 54 м, шириной ленты 650 мм, диаметром барабана 630 мм. Установка снабжена следующими узлами: 2 – редуктор РМ-400; 3 – колодочный тормоз ТКГ-300 с электрогидравлическим толкателем; 4 – двигатель АО63-6 (скорость вращения 980 об/мин); 5 – тахогенератор ЭТ-7, жестко соединенный с валом двигателя; 6 – быстродействующий самопишущий прибор Н-327 с разрешающей способностью 10^{-3} с. При отключении конвейера и включении тормоза скорость вращения двигателя меняется синхронно со скоростью конвейера. Это позволяет, записывая сигналы от тахогенератора, получить представление о процессе и времени торможения t_T (рис. 2). Зная скорость движения ленты самописца V_L (опы-

ты проводились при $V_{\text{л}} = 50 \text{ мм/с}$), измерив расстояние АВ от точки Н (начало торможения) до точки К (конец торможения), получали время торможения конвейера с момента включения тормоза до полной остановки конвейера.

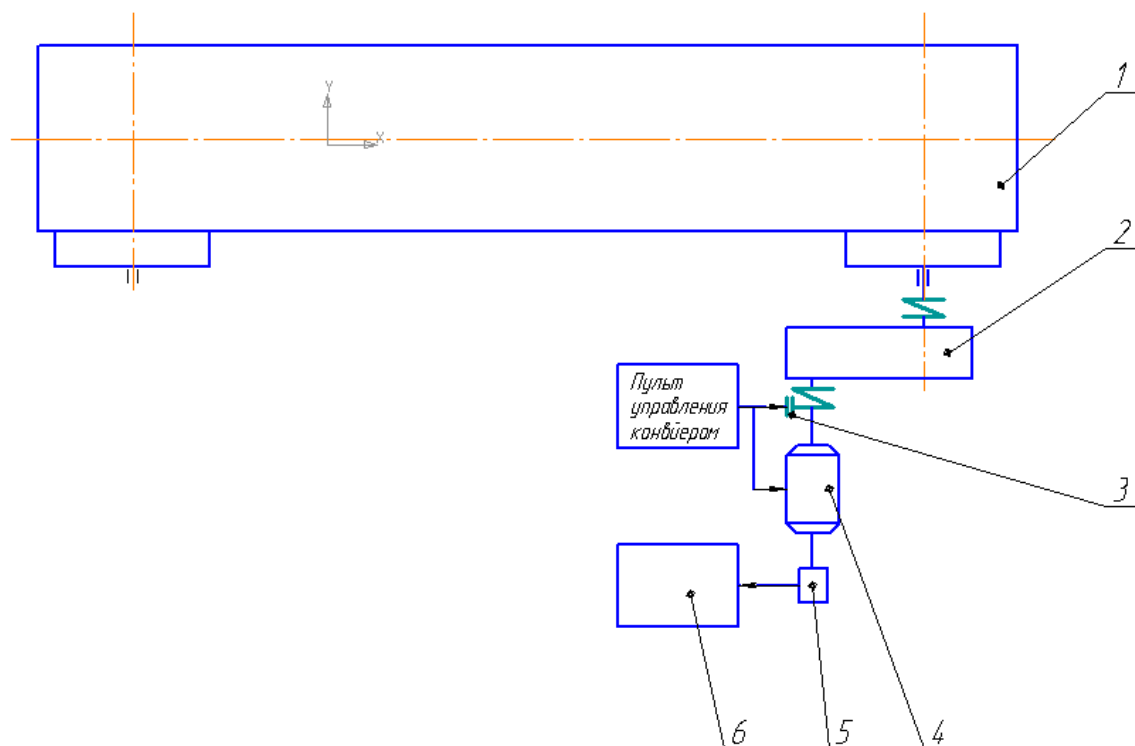


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для проверки гипотезы о законе распределения времени торможения ленточного конвейера: 1 – ленточный конвейер; 2 – редуктор РМ-400; 3 – тормоз ТКТГ-300; 4 – двигатель АО63-6; 5 – тахогенератор; 6 – самопишущий прибор Н-327

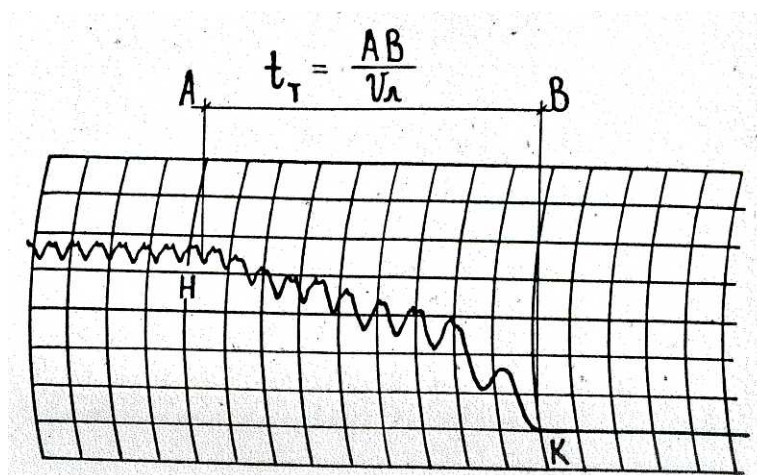


Рис. 2. Пример записи процесса торможения ленточного конвейера:
Н и К – соответственно начало и конец процесса торможения; $V_{\text{л}}$ – скорость торможения

Результаты исследований и их обсуждение. С помощью описанной установки и нескольких аналогичных ей, построенных на базе других конвейеров, были получены экспериментальные значения t_{T} . Некоторые результаты замеров для установки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Время торможения ленточного конвейера от момента включения тормоза до полной остановки

№ п/п	t_T , с	№ п/п	t_T , с	№ п/п	t_T , с	№ п/п	t_T , с	№ п/п	t_T , с
1	0,76	11	0,84	21	0,96	31	0,81	41	0,83
2	0,90	12	0,86	22	0,95	32	0,77	42	0,77
3	0,88	13	0,75	23	0,83	33	0,77	43	0,90
4	0,78	14	0,78	24	0,83	34	0,90	44	0,95
5	0,84	15	0,78	25	0,83	35	0,77	45	0,95
6	0,86	16	0,92	26	0,87	36	0,83	46	0,79
7	0,86	17	0,87	27	0,91	37	0,95	47	0,83
8	0,88	18	0,78	28	0,76	38	0,80	48	0,95
9	0,88	19	0,76	29	0,86	39	0,97	49	0,83
10	0,78	20	0,84	30	0,96	40	0,80	50	0,98

Обработка экспериментальных данных состояла в следующем:

- а) проверка выборочной совокупности данных на репрезентативность;
- б) построение гистограмм выборочного распределения значений;
- в) проверка гипотезы о равномерном законе распределения времени торможения ленточного конвейера.

Проверка выборки на репрезентативность проводилась с использованием способа числа и длины серий [4]. Вначале определяли среднее значение времени торможения конвейера по экспериментальным данным, $t_{ТСР} = 0,847$ с (для данных табл. 1). Затем ряд значений t_T в порядке получения выборки представляли в виде последовательности символов «+», если $t_T > t_{ТСР}$ и «-», если $t_T < t_{ТСР}$, и далее находили наибольшую длину K_H серий «+» и «-» и общее число серий K_H . Полученные значения $K_H = 4$ и $R_H = 26$ (для табл. 1) сравнивали с критическими значениями ($K = 9$ и $R = 19$). Результаты сравнения $K_H < K$ и $R_H > R$ [4] позволяли считать все выборки репрезентативными.

Таблица 2

Расчет критерия Пирсона χ^2

t_T	f_i	f_i'	$(f_i - f_i')$	$(f_i - f_i')^2$	$(f_i - f_i')^2/f_i$
0,75–0,78	8	6,28	1,72	2,96	0,47
0,78–0,81	9	6,28	2,72	7,40	1,18
0,81–0,84	8	6,28	1,72	2,96	0,47
0,84–0,87	6	6,28	0,28	0,078	0,01
0,87–0,90	6	12,56	2,56	6,55	0,55
0,90–0,93	4	-	-	-	-
0,93–0,96	5	12,56	3,56	12,67	1,01
0,96–0,99	4	-	-	-	-

Для построения гистограммы распределения весь диапазон экспериментальных значений t_T был разбит на интервалы по 0,03 с, после чего были определены частоты попадания значений в каждый интервал. По частотам и интервалам построены гистограммы, внешний вид которых подтверждает гипотезу о равномерном распределении t_T , однако для более глубокой ее проверки целесообразно воспользоваться критерием Пирсона χ^2 . Для данных табл. 1 и равномерного закона распределения $f_i' = \text{const} = 6,28$. Значения f_i приведены в табл. 2, где эмпирическое значение критерия Пирсона $\chi^2 = 3,59$. Число степеней свободы:

$$k = m - p - 1,$$

где $p = 2$ – число параметров закона равномерного распределения; $m = 6$.

Заключение. В соответствии с [4] для полученных значений χ^2 и k вероятность P приближенно равна 0,33. Критическое же значение этой вероятности, при которой гипотеза должна быть отвергнута, составляет 0,05. Поскольку $P(\chi^2) > 0,05$, правомерно считать, что закон распределения времени торможения ленточного конвейера от момента включения тормоза до полной остановки равномерный.

Литература

1. Витенберг М.И. Расчет электромагнитных реле. – М.: Госэнергоиздат, 1981.
2. Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. – М.: Энергия, 1995.
3. Новицкий П.П. Основы информационной теории измерительных устройств. – Л.: Энергия, 1988.
4. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1972.



УДК 634.0.648

С.Н. Долматов, Е.В. Палкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФРИКЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ТРЕНИИ КОРЫ СОСНЫ И ЛИСТВЕННИЦЫ ПО СТАЛИ И РЕЗИНЕ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента трения коры сосны и лиственницы по стали и резине. Полученные данные могут успешно использоваться при проектировании лесозаготовительного оборудования.

Ключевые слова: коэффициент трения, влажность, давление.

S.N. Dolmatov, E.V. Palkin

THE RESEARCH OF THE FRICTIONAL INTERACTION PARAMETERS IN PINE AND LARCH BARK FRICTION ON STEEL AND RUBBER

The results of experimental studies on the coefficient determination of the pine and larch bark friction on steel and rubber are presented in the article. The received data can be successfully used in the design of lumbering equipment.

Key words: friction coefficient, humidity, pressure.

Введение. Лесозаготовительный процесс в России характеризуется разнообразием природных условий и сырьевой базы, поэтому для комплексной механизации лесозаготовительного производства предусмотрено более 80 наименований агрегатных машин различного назначения и конструкции [1].

Опыт эксплуатации многооперационных машин, связанных с перемещением ствола дерева (харвестеры, процессоры, сучкорезные машины) показывает, что их производительность зависит в основном от совершенства конструкции протаскивающего механизма. На процесс протаскивания затрачивается около 60 % времени от всего технологического цикла, а простои машины из-за отказов этого механизма составляют до 50 % от общего времени простоев по техническим причинам [2].

От конструкции механизма подачи зависит не только производительность, но и вся компоновка машины, ее надежность, размеры, вес, качество обработки древесины и экономическая эффективность. Наиболее перспективными являются механизмы подачи, обеспечивающие непрерывное протаскивание дерева в процессе обработки.

Вопросы подачи деревьев механизмами транспортерного типа, гусеницами, обрезиненными роликами, пневмошинами достаточно глубоко исследованы. Основным технологическим показателем эффективности протаскивающего устройства является скорость подачи и усилие протаскивания. Усилие протаскивания прямо пропорционально зависит от силы сцепления вальцов с поверхностью ствола. Коэффициент сцепления вальца со стволами при отрицательной температуре в среднем составляет 0,35, со стволами при положительной температуре – 0,42 [2]. При этом сила сцепления реализуется за счет работы фрикционной пары