

13. Shchukin P.O., Demchuk A.V., Budnik P.V. Improving the efficiency of recycling of secondary resources of timber cuttings on fuel wood chips [Elektronnyi resurs] // Inzhenernyi vestnik Dona, 2012. № 3. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/1025>.
14. Väätäinen K. Wood fuel procurement methods and logistics in Finland // Wood fuel production for small scale use // University Eberswalde. 2007. P. 28.
15. Heift R. Wykorzystanie odpadów pochodzenia roslirmego do celow energetycznych // Recyklace odpadu TV, VSB TU Ostrava, 2000. P. 165-173.
16. Mokhiev A.P., Zyryanov M.A. Logging operation technology with felling residue sorting // Systems. Methods. Technologies. 2015. № 3. P. 118-122.
17. Mokhiev A.P., Mammadov Q.A., Urazaev A.P. Modeling process works harvesting machines // Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya. 2015. № 3 (24). P. 72-74.
18. Sukhanov Yu.V., Gerasimov Yu.Yu., Seliverstov A.A., Sokolov A.P. Technological chains and machines systems for collecting and processing woody biomass into fuel chips in clear-cutting harvesting by cut-to-lengths // Systems. Methods. Technologies. 2011. № 4. P. 101-107.
19. AFM-Forest Ltd. The AFM head for harvesting energy wood [Elektronnyi resurs]: Valochnaya golovka AFM 220 dlya energeticheskoi drevesiny. URL: <http://www.afm-forest.ru/produkcija/energeticheskiegolovki/afm220>.
20. Utgof S.S., Ignatovich L.V. Mathematical modeling application to determine the effect of technological factors on physical and mechanical properties of densified low density deciduous wood // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2014. № 5-6. P. 59-63.

УДК 621.867.2–027.45

DOI: 10.18324/2077-5415-2016-1-94-97

Методика определения расстояния при установке датчика системы аварийного останова ленточного конвейера

Л.Н. Горбунова

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 79, Красноярск, Россия
ptmir@inbox.ru

Статья получена 1.10.2015, принята 10.01.2016

По результатам анализа несчастных случаев, происшедших при эксплуатации и техническом обслуживании ленточных конвейеров, установлено, что наибольшую опасность представляет появление обслуживающего персонала вблизи опасных зон, вращающихся рабочих органов — приводных, натяжных, концевых барабанов, загрузочных, разгрузочных узлов и др. Последствиями воздействия вращающихся рабочих органов ленточного конвейера могут быть зацепления и порезы, разрезания или дробления, затягивания или захваты, удары, падение с высоты и др. Для устранения несчастных случаев при эксплуатации и техническом обслуживании ленточных конвейеров, минимизации доступа обслуживающего персонала к опасным зонам предложена система аварийного останова, обеспечивающая автоматическое отключение и торможение рабочих органов ленточного конвейера при появлении человека в опасной зоне. Система аварийного останова включает следующие элементы: датчик, подающий сигнал на отключение привода и включение тормоза конвейера; электроаппаратура, которая по сигналу датчика выключает привод конвейера и включает тормоз; тормоз конвейера (обычно колодочный или какой-либо другой фрикционный). Общей характеристикой системы аварийного останова ленточного конвейера при срабатывании датчика является время, включая две составляющие: максимальное время, требуемое для останова ленточного конвейера, и время срабатывания датчика обнаружения опасности. Приведены методические рекомендации по определению места установки датчика на стадии проектирования системы автоматического аварийного останова ленточного конвейера, позволяющие установить датчик без проведения экспериментов в каждом конкретном случае, определить расстояние датчика от опасной зоны с учетом среднего времени срабатывания ее отдельных элементов (датчик, электроаппаратура управления тормозом и тормоза различных типов), а также более обоснованно выбирать элементы системы автоматического аварийного останова с учетом степени их влияния на величину опасной зоны.

Ключевые слова: ленточный конвейер; система аварийного останова; время торможения.

Method for determining the distance for installing the danger detector of emergency stop system of a belt-type conveyor

L.N. Gorbunova

Siberian Federal University; 79, Svobodny ave., Krasnoyarsk, Russia
ptmir@inbox.ru

Received 1.10.2015, accepted 10.01.2016

According to the analysis of accidents occurred in the operation and maintenance of belt-type conveyors, it is established that the main danger is maintenance personnel near hazardous areas of rotating working bodies such as conveyor drive, tension and end drums or loading and unloading nodes, etc. The damage of the rotating working bodies of the belt-type conveyor can be the following danger:

risk of cutting or crushing; risk of being seized; shock hazard; falling from height, etc. To eliminate accidents in the operation and maintenance of belt-type conveyors, to minimize access of maintenance personnel to hazardous areas the system of emergency stop is proposed, providing automatic stop and braking of the working bodies of the belt-type conveyor when a person appears in the hazardous area. Emergency stop system includes the following elements: a danger detector sending a signal about switching the actuator off and switching the brake pipeline on; electrical equipment, which switches off the conveyor drive and switches on a brake by a danger detector signal; the conveyor brake (usually it is a shoe-type brake or some other friction brake). A general feature of an emergency stop system of a belt-type conveyor when the danger detector is triggered is the time comprising two components: maximum time required for stopping the belt-type conveyor and the response time of danger detector. Methodical recommendations for determining the distance for installing the danger detector of emergency stop system of a belt-type conveyor at the design stage are given. They allow installing the danger detector without performing experiments in each case, determining the distance of the danger detector from the hazardous area based on an average response time of its individual elements (danger detector, electrical brake control and brakes of various types) as well as choosing elements of the emergency stop system according to the degree of their influence on the magnitude of the hazardous area.

Key words: belt-type conveyor; emergency stop system; braking time.

Введение

Для транспортирования больших объемов стабильных по направлению, однородных по содержанию и непрерывных по подаче грузов наиболее эффективны транспортные средства непрерывного действия — ленточные конвейеры.

Особая опасность при использовании транспортных средств непрерывного действия возникает вблизи опасных зон — вращающихся элементов приводных, натяжных, загрузочных, разгрузочных узлов и др.

Одним из эффективных способов повышения безопасности и снижения производственного травматизма, связанного с эксплуатацией ленточных конвейеров, является применение системы аварийного останова, обеспечивающей автоматическое отключение и торможение рабочих органов конвейера при появлении человека в опасной зоне. Система аварийного останова предусматривает наличие:

- датчика, подающего сигнал на отключение привода и включение тормоза конвейера;
- электроаппаратуры, которая по сигналу датчика выключает привод конвейера и включает тормоз;
- тормоза конвейера (обычно колодочный или какой-либо другой фрикционный).
- методики для определения расстояния установки датчика системы аварийного останова ленточного конвейера от опасной зоны.

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

$$t_C = t_D + t_A + t_T, \quad (1)$$

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.

Очевидно, что среднее время останова конвейера составит:

$$t_{CCP} = t_{DCP} + t_{ACP} + t_{TCP}. \quad (2)$$

Композиция закона нормального распределения времени срабатывания t_{DA} датчика и электроаппаратуры управления тормозом и закона равномерного распределения времени торможения t_T конвейера согласно [1; 2] можно описать выражением:

$$P(t_C) = \int P(t_{DA}) \cdot P(t_T) = (t_T = t_C - t_{DA}) \cdot d(t_{DA}). \quad (3)$$

где $P(t_C)$ — плотность вероятности значений t_C суммарного времени срабатывания системы аварийного останова конвейера; $P(t_{DA})$ — плотность вероятности значений t_{DA} срабатывания датчика и электроаппаратуры управления тормозом; $P(t_T)$ — плотность вероятности значений t_T времени торможения конвейера до полной остановки.

В связи с этим, среднее квадратическое отклонение значений времени торможения от момента включения тормоза до полной остановки конвейера t_T от среднего времени останова конвейера t_{CCP} будет равно:

$$\sigma_{t_C} = \left[(\sigma_{t_D})^2 + (\sigma_{t_A})^2 + (\sigma_{t_T})^2 \right]^{1/2}, \quad (4)$$

а максимальное отклонение t_T от t_{CCP} при доверительной вероятности 0,997 составит:

$$\Delta_{t_C} = 3 \left[(\sigma_{t_{DA}})^2 + (\sigma_{t_A})^2 \right]^{1/2} + 3^{1/2} \cdot \sigma_{t_T}. \quad (5)$$

Отсюда уточненное значение t_T с учетом случайного разброса времени срабатывания датчика и электроаппаратуры управления тормозом и времени торможения конвейера до полной остановки определится как:

$$t_{CY} = t_{CCP} + 3^{1/2} \left\{ \left[3(\sigma_{t_{DA}})^2 + (\sigma_{t_A})^2 \right]^{1/2} + \sigma_{t_T} \right\}. \quad (6)$$

Ясно, что во избежание несчастного случая, время движения человека $t_{ЧЕЛ}$ или его органа, который может быть травмирован, от датчика системы аварийного останова до опасной зоны должно подчиняться условию:

$$t_{ЧЕЛ} = t_{CY}. \quad (7)$$

Время движения человека или его органа, который может быть травмирован, можно представить как

$$t_{ЧЕЛ} = S/V_{ЧЕЛ}, \quad (8)$$

где S — расстояние датчика от опасной зоны; $V_{ЧЕЛ}$ — максимальная скорость движения человека или его органа, например, руки мимо датчика в опасной зоне.

С учетом этого, расстояние датчика от опасной зоны должно удовлетворять условию:

$$S > V_{ЧЕЛ} \cdot t_{CCP} + 3^{1/2} \left\{ \left[3(\sigma_{t_{DA}})^2 + (\sigma_{t_A})^2 \right]^{1/2} + \sigma_{t_T} \right\}. \quad (9)$$

Полученное выражение на основании априорно известных данных (приведенных в справочной литературе) о среднем времени срабатывания датчиков, электроаппаратуры управления тормозом и тормозов различных типов нетрудно рассчитать методами, описанными в [1, 3, 5, 10], а также по данным о стабильности этих устройств [4, 8, 9, 11], дает возможность установить датчик системы аварийного останова конвейера без проведения экспериментов в каждом конкретном случае. Оно также позволяет определять расстояние датчика от опасной зоны на стадии проектирования системы аварийного останова. В последнем случае появляется возможность более обоснованного выбора элементов системы аварийного останова ленточного конвейера с учетом степени их влияния на величину S [13–15].

Следует отметить, что для упрощения расчетов допустимо считать, что скорость движения человека или его органа $V_{чел}$, как правило, не превышает 1 м/с, σ_{tT} обычно бывает не более 0,08 с, $\sigma_{tД}$ – не более 0,01 с, а $\sigma_{tА}$ – не более 0,05 с [19, 20]. При этих дан-

ных и отсчете t_{CCP} в секундах, расстояние датчика от опасной зоны составит:

$$S > t_{CCP} + 0,20, \text{ м.} \quad (10)$$

Применение последней формулы покажем на примере ленточного конвейера 1, изображенного на рис. 1.

Полагая, что датчиком является фотореле РФ-6, электроаппаратура управления тормозом включает в себя последовательно соединенные электромагнитное реле и магнитный пускатель типа ПМИ, а в качестве тормоза конвейера использован колодочный тормоз ТКТГ-300М. В соответствии с [2, 6, 7, 12, 18] и экспериментальными данными табл. 1, получаем:

$$t_{ДCCP} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ с}; t_{АCCP} = 35,2 \cdot 10^{-2} \text{ с};$$

$$t_{TCCP} = 85 \cdot 10^{-2} \text{ с.}$$

При таких данных расстояние датчика от опасной зоны составит:

$$S > 1,5 \text{ м.} \quad (11)$$

Таблица 1

Время торможения ленточного конвейера от момента включения тормоза до полной остановки

№ п/п	$t_T, \text{ с}$								
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

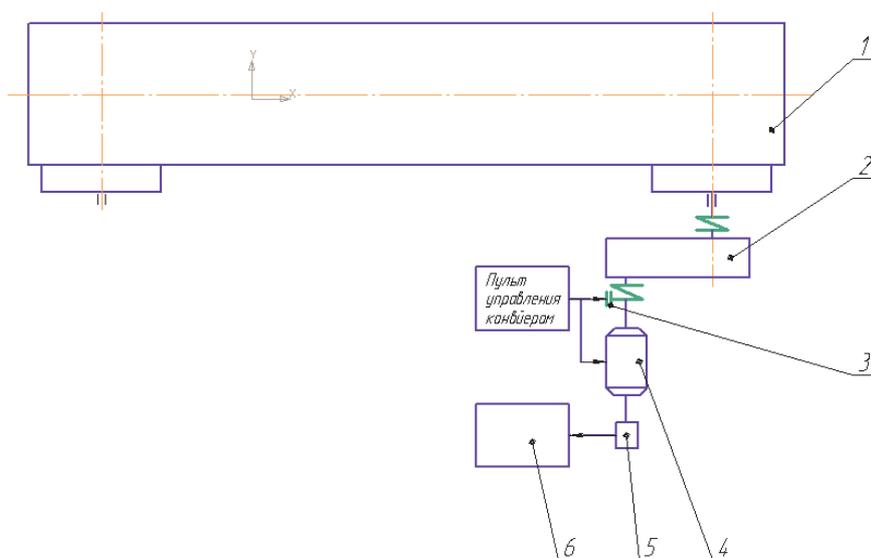


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — ленточный конвейер; 2 — редуктор РМ-400; 3 — колодочный тормоз ТКТГ-300 с электрогидравлическим толкателем; 4 — двигатель АО63-6 (скорость вращения 980 об/мин); 5 — тахогенератор ЭТ-7, жестко соединенный с валом двигателя; 6 — быстродействующий самопишущий прибор Н-327; ПУ — пульт управления конвейером

Выводы

При несоответствии времени торможения от момента включения тормоза до полной остановки конвейера t_T требованиям быстрого аварийного торможения, исходя из условий безопасности, t_T желательно сокращать. Однако с уменьшением времени t_T возрастают динамические нагрузки, которые могут превысить статические и привести к аварийной ситуации. Поэтому минимальное время торможения t_T ленточного конвейера необходимо определять исходя из допустимого запаса торможения и безопасной величины замедления.

Литература

1. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1972. 145 с.
2. Витенберг М. И. Расчет электромагнитных реле. М.: Госэнергоиздат, 1981. 98 с.
3. Сливаковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1978. 171 с.
4. СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт».
5. Зеленский О. В. Справочник по проектированию ленточных конвейеров. СПб.: Недра, 2009. 293 с.
6. Справочник по средствам автоматики / под ред. В.Э. Низэ, И.В. Антика. М.: Энергоатомиздат, 1983. 225 с.
7. Гусев И.Т., Елисеев В.Г., Маслов А.А. Устройства числового программного управления. М.: Высшая школа, 1986. С. 102-103.
8. Тарасов Ю.Д. Тормозные и улавливающие устройства ленточных конвейеров. СПб.: Политехника, 1999. 93 с.
9. Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. Грузоподъемные машины. М.: Машиностроение, 1986. 192 с.
10. Евневич А.В. Транспортирующие машины и комплексы. М.: Недра, 1975. 157 с.
11. Проектирование и конструирование транспортных машин и комплексов / под ред. И.Г. Штокмана. М.: Недра, 1986. 167 с.
12. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1978. 296 с.
13. Либерман Я. Л., Шихов В. Н., Горбунова Л. Н. Ленточный конвейер: а.с. 889562. СССР // Бюллетень изобретений. 1981. № 46.
14. Либерман Я.Л., Шихов В.Н., Горбунова Л.Н. Ленточный конвейер: а.с. 963926. СССР // Бюллетень изобретений. 1982. № 37.
15. Либерман Я. Л., Горбунова Л. Н., Алимбаев Р. Ленточный конвейер: пат. 67076 Рос. Федерация. № 670764; 10 окт. 2007 г.
16. Никитин К.Д., Кондрасенко В.Я., Горбунова Л.Н. Промышленная безопасность опасных производственных объектов. Красноярск, ИПЦ КГТУ, 2004. 113 с.

17. Горбунова Л.Н., Васильев С.И. Безопасность погрузочно-разгрузочных и складских работ. Красноярск, ИПК СФУ, 2009. 198 с.

18. Тарасов Ю.Д., Юнгмейстер Д.А., Авдеев В.А. Промежуточные приводы ленточных конвейеров. М.: Недра, 1986. 117 с.

19. Зенков Р.Л., Петров М.М. Конвейеры большой мощности. М.: Машиностроение, 1974. 208 с.

20. Ромакин Н.Е. Машины непрерывного транспорта. М.: Академия, 2008. 376 с.

Reference

1. Solonin I.S. Mathematical statistics in engineering technology. M: Mashinostroenie, 1972. 145 p.
2. Vitenberg M. I. Calculation of electromagnetic relays. M.: Gosenergoizdat, 1981. 98 p.
3. Spivakovskii A.O., D'yachkov V.K. Transporting the machine. M.: Mashinostroenie, 1978. 171 p.
4. SP 37.13330.2012 «Industrial transport».
5. Zelenskii O. V. A guide to the design of belt conveyors. SPb.: Nedra, 2009. 293 p.
6. Handbook of means of automation / pod red. V.E. Nize, I.V. Antika. M.: Energoatomizdat, 1983. 225 p.
7. Gusev I.T., Eliseev V.G., Maslov A.A. The numerical control. M.: Vysshaya shkola, 1986. P. 102-103.
8. Tarasov Yu.D. Brake and closing device of belt conveyors. SPb.: Politekhnik, 1999. 93 p.
9. Aleksandrov M.P., Kolobov L.N., Lobov N.A. Hoisting machine. M.: Mashinostroenie, 1986. 192 p.
10. Evnevich A.V. Transporting machines and systems. M.: Nedra, 1975. 157 p.
11. Design and construction of transport machines and complexes / pod red. I.G. Shtokmana. M.: Nedra, 1986. 167 p.
12. Shakhmeister L.G., Dmitriev V.G. Theory and calculation of belt conveyors. M.: Mashinostroenie, 1978. 296 p.
13. Liberman Ya. L., Shikhov V. N., Gorbunova L. N. Belt conveyor: a.s. 889562. SSSR // Byulleten' izobretenii. 1981. № 46.
14. Liberman Ya.L., Shikhov V.N., Gorbunova L.N. Belt conveyor: a.s. 963926.SSSR // Byulleten' izobretenii. 1982. № 37.
15. Liberman Ya. L., Gorbunova L. N., Alimbaev R. Belt conveyor: pat. 67076 Ros. Federatsiya. № 670764; 10 okt. 2007 g.
16. Nikitin K.D., Kondrasenko V.Ya., Gorbunova L.N. Industrial safety of hazardous industrial objects. Krasnoyarsk, IPTs KGTU, 2004. 113 p.
17. Gorbunova L.N., Vasil'ev S.I. Security cargo handling and storage operations. Krasnoyarsk, IPK SFU, 2009. 198 p.
18. Tarasov Yu.D., Yungmeister D.A., Avdeev V.A. Intermediate drives of belt conveyors. M.: Nedra, 1986. 117 p.
19. Zenkov R.L., Petrov M.M. Conveyors big capacity. M.: Mashinostroenie, 1974. 208 p.
20. Romakin N.E. Continuous transportation machines. M.: Akademiya, 2008. 376 p.