

УДК 624.132.3.002.5:621.879

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОНАЛИПАЮЩИХ ЛИСТОВ НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Егоров В.А., Буглак И.А., Иванов Д.Е.
Братский государственный университет, г.Братск

Ключевые слова: адгезия, грунт, математическая модель, противоналипающие листы, профилактическое воздействие.

Аннотация. Выполнен анализ применения полимерных противоналипающих листов в качестве средства для снижения адгезии влажного связного грунта к рабочим органам землеройных машин при работе в условиях отрицательных температур. Проведен эксперимент с использованием полимерных покрытий ППЛ-ЭИ и ППЛ-УИ. На основе математической обработки результатов экспериментальных данных были получены уравнения регрессии, анализ которых использован в техническом решении ковша экскаватора.

USE OF POLYMERIC ANTI-CLINGING SHEETS TO THE WORKING BODIES OF EARTHMOVING MACHINES

Egorov V.A., Burlak I.A., Ivanov D.E.
Bratsk state university, Bratsk

Keywords: adhesion, soil, mathematical model, anti-clinging sheets, preventive effect.

Abstract. The analysis of the use of polymer anti-clinging sheets as the means to reduce the adhesion of wet cohesive soil to the working bodies of earthmoving machines when working at low temperatures. An experiment with the use of polymer coatings of PPL-EI and PPL-UI was carried out. On the basis of mathematical processing of the experimental data, regression equations were obtained, the analysis of which is used in the technical solution of the excavator bucket.

Введение. При разработке влажных связных грунтов происходит интенсивное налипание грунта к поверхностям рабочих органов землеройных машин. Применяемые на практике методы борьбы с налипанием и намерзанием (адгезией) трудоёмки и малоэффективны, отрицательно сказываются на работоспособности рабочего оборудования землеройных машин [1-11]. Одним из методов борьбы с адгезией является создание промежуточного слоя на границе контакта грунта и рабочего органа (профилактическое воздействие) [1,2,11] с использованием футеровочных покрытий из полимерных материалов.

Футеровочные покрытия изготавливаются на основе сверхвысокомолекулярных полимеров. Опыт эксплуатации различного технологического оборудования в отраслях промышленности, занятых добычей и переработкой полезных ископаемых, доказывает, что наиболее эффективным средством борьбы с налипанием и намерзанием влажных

горных масс, минерального сырья на контактирующие с ними узлы рабочего оборудования, является их защита (футеровка) полимерными покрытиями, обладающими гидрофобными, антиадгезионными свойствами [11]. Это полимерные противоналипающие футеровочные пластины (ППФП) ООО «Ас-Тик КП» и полимерные противоналипающие листы (ППЛ), рекомендуемые группой компаний «Технотекс».

Разработанный НИИОГРом полимерный материал графитопласт успешно внедряется на предприятиях Минэнерго РФ в качестве профилактического средства, однако внедрение этого материала ограничено из-за недостаточной стойкости к ударным нагрузкам и отсутствием профилактического эффекта при отрицательных температурах. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее полно техническим требованиям отвечают модифицированный полиуретан, фторопласт марки Ф-3М [11].

В зависимости от режима работы, наиболее эффективными полимерными антиадгезионными листами являются футеровочные листы ППЛ различных видов. Марки полимерных противоналипающих листов (ППЛ): ППЛ-ЭИ: износостойкость - 400 ед.; ударопрочность - 9 ед.; эксплуатационный интервал температур $-45+90^{\circ}\text{C}$; применение: для контакта с сырьем с коэффициентом f до 5 ед. [11]; ППЛ-УИ (ВМ): износостойкость - 200 ед.; ударопрочность - 25 ед.; эксплуатационный интервал температур $-80+100^{\circ}\text{C}$; применение: для контакта с сырьем с коэффициентом f до 8 ед. Эффективность от использования сверхвысокомолекулярных полимеров достигается за счет следующих свойств: низкий износ, хорошие свойства скольжения, высокая ударная вязкость, химическая стойкость к кислотам, щелочам, солям и другим агрессивным средам, большой эксплуатационный интервал температур от -50°C до $+90^{\circ}\text{C}$, высокая прочность при указанных температурах, шумопоглощение, трещиностойкость, водоотталкивающие свойства (гидрофобность), не позволяющие влагосодержащим материалам налипать или намерзать на поверхности полимерного покрытия.

Постановка задачи. С целью проверки достоверности приведенных данных был проведен эксперимент на специальном стенде сдвигового типа [4,5].

Метод решения задачи. Для поставленных задач экспериментальных исследований были использованы методы многофакторного планирования, что позволяет получить максимально полезную информацию об исследуемых процессах при минимальном количестве опытов. Эффект оценивался по величине отношения условно-мгновенного удельного коэффициента смерзания (УМУКС), за который принимают напряжение сдвига, соответствующее началу перемещения образца грунта относительно рабочей поверхности, определяемое по формуле:

$$\tau = \frac{P_c}{S},$$

где P_c – нагрузка, необходимая для сдвига различных поверхностей относительно образца грунта, Н; S – площадь рабочей части примороженного образца грунта, m^2 .

Для проведения активного эксперимента с целью получения математической модели, в соответствии с рекомендациями [9] и особенностями данных экспериментальных исследований выбираем ротатбельный центральный композиционный план (РЦКП). Уровни факторов и интервалы варьирования при проведении эксперимента представлены в таблице 1.

Для определения необходимого числа повторных опытов в проводимом исследовании была специально поставлена серия пробных экспериментов, в которую были включены эксперименты по сдвигу всех применяемых в экспериментальном исследовании типов грунтов. Эксперименты проводились с профилактическим воздействием и без воздействия при температуре внешней среды $T = -15$ °С, продолжительности контакта грунта с поверхностью $t_k=20,5$ мин., весовой влажности грунта $W = 17,5$ %, нормальном давлении на грунт $P = 20$ кПа.

Эксперименты проводились на сдвиговом стенде [4,5], используя два полимерных противоналипающих листа с различными характеристиками. Полимерные противоналипающие листы (ППЛ) зажимаются струбцинами, что делает их неподвижными относительно каретки. Использовались два вида ППЛ наиболее рациональные по параметрам, рекомендуемые группой компаний «Технотекс»: ППЛ-УИ (10мм) и ППЛ-ЭИ (6мм).

Табл. 1. Уровни факторов и интервалы варьирования при проведении эксперимента

Факторы	Уровни факторов					Интервалы варьирования
	-2	-1	0	1	2	
X_1 – дисперсность грунта, $D_э$, мм	$9 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
X_2 – нормальное давление на грунт P , кПа	0	10	20	30	40	10
X_3 – влажность грунта весовая, W , %	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	5,0
X_4 – температура внешней среды, T , °С	5	-5	-15	-25	-35	10
X_5 – продолжительность контакта грунта с металлом, t , мин	0,5	10,5	20,5	30,5	40,5	10

Выводы и рекомендации. Полимерные противоналипающие пластины различны по химическому составу, с различной структурой, эффективность каждого проверена экспериментально. Из двух полимерных покрытий наиболее подходящим для сдвига грунта по своим характеристикам является ППЛ ЭИ. Анализ полученных результатов показывает, что разница в

напряжении сдвига по полимерным противоналипающим пластинам и по стали очевидна, и составляет в среднем 17-18 кПа, что было доказано экспериментально.

Список литературы

1. Зеньков С.А., Плеханов Г.Н., Балахонов Н.А., Чубыкин А.С. Оборудование для определения влияния жидкостного промежуточного слоя на адгезию грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Вестник Таджикского технического университета. 2014. Т. 2. № 26. С. 28-32.
2. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Чубыкин А.С., Кожевников А.С. Анализ применения жидкостного промежуточного слоя для снижения адгезии грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 189-195.
3. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Анализ возможного повышения производительности экскаваторов при термоакустическом воздействии для устранения адгезии грунта к ковшу // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2008. № 2. С. 137-140.
4. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Мунц В.В. Стенд для исследования влияния комбинированного воздействия на адгезию грунтов к землеройным машинам // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 15-18.
5. Зеньков С.А., Булаев К.В., Батуро А.А., Диппель Р.А. Стенд для исследования влияния интенсифицирующего воздействия на прочность смерзания грунта с металлической поверхностью рабочего органа // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 44-49.
6. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Кутимский Г.М. Использование электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 156-160.
7. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В., Диппель Р.А. Анализ структуры рабочего органа ковшовой типа с устройством внешнего интенсифицирующего воздействия для снижения адгезии грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 49-52.
8. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Баев А.О., Дрюпин П.Ю. Определение мест установки электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 195-202.
9. Зеньков С.А., Диппель Р.А., Булаев К.В., Батуро А.А. Планирование эксперимента по исследованию влияния параметров теплового воздействия на сопротивление сдвигу грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 52-56.
10. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Определение производительности экскаваторов при снижении адгезии грунтов // Вестник Иркутского регионального отделения Академии наук высшей школы РФ. 2010. № 2 (17). С. 191-195.
11. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Применение полимерных противоналипающих листов для снижения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 112-114.

References

1. Zenkov S.A., Plekhanov G.N., Balakhonov N.A., Chubykin A.S. Equipment for determining the effect of the liquid intermediate layer on the adhesion of soil to the metal surfaces of the working bodies of earthmoving machines // Bulletin of Tajik technical University. 2014. Vol.2. No. 26. P. 28-32.
2. Zenkov S.A., Balakhonov N.A., Chubykin A.S. The analysis of the application of the liquid intermediate layer to reduce the adhesion of the soil to the metal surfaces of the working bodies

- of earth machines // Proceedings of Bratsk state University. Series: Natural and engineering Sciences. 2014. Vol. 1. P. 189-195.
3. Zenkov S.A., Kurmashev E.V. Analysis of the possible productivity of the excavators in the thermoacoustic effect to eliminate the adhesion of soil to the bucket // Proceedings of Bratsk state University. Series: Natural and engineering Sciences. 2008. No. 2. P. 137-140.
 4. Zenkov S.A., Kurmashev E.V., Munts V.V. Stand for research of influence of the combined effects on the adhesion of soil to the earth-moving machinery // Mechanics of XXI century. 2007. No. 6. P. 15-18.
 5. Zenkov S.A., Bulaev K.V., Batur, A. A., Dippel, R., stand For the study of the influence of the intensifying effect on the strength of the soil surface of the metal working body // Mechanics of XXI century. 2005. No. 4. P.44-49.
 6. Zenkov S.A., Kozhevnikov A.S., Kutimskyi G.M. The use of flexible tape elements for the fight against the freezing of soil to the metal surfaces of the working bodies of earthmoving machines // Mechanics of XXI century. 2014. No. 13. P. 156-160.
 7. Zenkov S.A., Baturo A.A., Bulaev K.V., Dippell R.A. Analysis of the structure of the working body of the bucket type with the intensifying impact to reduce soil adhesion // Mechanics of XXI century. 2005. No. 4. P. 49-52.
 8. Zenkov S.A., Kozhevnikov A.S., Baev A.O., Dryupin P.Yu. Determination of the place of installation of electrical heating tape flexible elements to combat the freezing of soil to metal surfaces of the working bodies of earthmoving machines // Proceedings of Bratsk state University. Series: Natural and engineering Sciences. 2014. Vol. 1. P. 195-202.
 9. Zenkov S.A., Dippel R.A., Bulaev K.V., Baturo A.A. Experiment planning on research of influence of parameters of thermal exposure on the shear resistance of the soil // Mechanics of XXI century. 2005. No. 4. P. 52-56.
 10. Zenkov S.A., Kurmashev E.V. Determination of productivity of excavators by reducing the adhesion of soils // Bulletin of Irkutsk regional branch of Academy of Sciences of higher school of Russian Federation. 2010. № 2 (17). P. 191-195.
 11. Zenkov S.A., Kozik A.S., Builov O.A. Use of polymeric anti-clinging sheets to reduce the adhesion of soil to the working bodies of earthmoving machines // Mechanics of XXI century. 2010. No. 9. P. 112-114.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Егоров Владимир Александрович – старший преподаватель кафедры «Машиностроения и транспорта»	Vladimir A. Egorov – senior lecturer, department of mechanical engineering and transport
Буглак Иван Александрович – студент	Ivan A. Buglak –student
Иванов Денис Евгеньевич – студент	Denis E. Ivanov – student
Братский государственный университет, г.Братск	Bratsk state university, Bratsk

Получена 21.07.2018