

УДК 625.746: 532.135

Складнов Егор Андреевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, skladnov.egor@yandex.ru
Борисов Вадим Алексеевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, vborisov00@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДИЛАТАНТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РАЗРАБОТКЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕРОВНОСТЕЙ

Аннотация. В данной статье изучается возможность совершенствования современных дорожных искусственных неровностей предназначенных для регулирования дорожного трафика. В качестве исследовательской задачи авторами была определена попытка оценить возможность использования свойств дилатационных жидкостей для создания умной дорожной искусственной неровности способной регулировать сопротивление движению автомобиля в зависимости от его скорости. Для этих целей в статье приведено описание свойств дилатантных жидкостей с исследованием их нетипичного поведения. В работе, теоретически рассмотрена и экспериментально проверена возможность использования субстанции дилатационной жидкости в создании средства успокоения транспортного движения, а именно искусственной неровности. Проанализированы выявленные в ходе изучения преимущества и недостатки, предложенной конструкции, по которым можно судить об актуальности применения данной разработки в реальных климатических и социальных условиях. На основе полученных результатов составлены рекомендации для более эффективной эксплуатации дорожных искусственных неровностей на основе дилатационных жидкостей.

Ключевые слова: дилатантная жидкость; искусственная дорожная неровность; суспензия, крахмал.

Skladnov Egor A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, skladnov.egor@yandex.ru
Borisov Vadim A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, vborisov00@gmail.com

THE OBSERVATION OF DILATANT FLUIDS AND THEIR APPLICATION IN DEVELOPMENT OF SPEED CONTROL BUMPS

Abstract. This article explores the possibility of improving modern road artificial irregularities designed to regulate road traffic. As a research task, the authors determined an attempt to assess the possibility of using the properties of dilatation fluids to create smart road artificial unevenness capable of adjusting the resistance to movement of a car depending on its speed. For this purpose, the article presents a description of dilatant fluid's properties with an explanation of their atypical behavior. In this paper, the possibility of using the substance of the dilatation liquid in creation of means of calms of the transport movement, namely as a speed control bump, is considered and checked. Advantages and disadvantages identified

during the researching of the proposed design, which reflect the relevance of using of the creation in real climatic and social conditions, are analyzed. On the basis of the obtained results, recommendations for more efficient operation of road artificial irregularities on the basis of dilatation liquids were drawn up.

Key words: dilatant fluid; speed control bump; suspension; starch.

Введение

В современных городских условиях особое внимание уделяется так называемому успокоению движения – установлению баланса между транспортом и другими пользователями улицы [1]. Одной из наиболее применяемых технологий в данной сфере является использование возвышений на проезжей части, которые способствуют принудительному замедлению транспортного потока с целью сокращения количества ДТП на определенных дорожных участках. Подобные препятствия побуждают водителя снизить скорость транспорта для переезда через них, так как в случае игнорирования скоростного режима подвеске средства передвижения будет нанесён значительный урон, который может привести к поломке, а пассажиры испытают дискомфорт. Сами возвышения, именуемые как ИДН (Искусственная Дорожная Неровность), в течение века своего существования не подвергались изменениям по части принципа работы, который был и остается полностью пассивным. Учитывая тот факт, что за последнее время темп развития научно-производственных сфер значительно вырос, что, в свою очередь, даёт большое количество научно-технических возможностей, было принято решение найти эффективную альтернативу привычным ИДН и испытать её.

Основная часть

На момент написания статьи использование искусственных неровностей является одним из наиболее распространенных методов замедления транспортного потока по причине его дешевизны и простоты

в реализации относительно других методов. В большинстве случаев ИДН бывают монолитными и сборно-разборными. Первые изготавливаются из асфальтовых (рис. 1в), а вторые – из эластичных (рис. 1б) и полимерных композитных материалов (рис. 1а) [2].



а)



б)



в)

Рис. 1. ИДН: а – из песчано-полимерного композита; б – из резины; в – из асфальта

Одним из очевидных и самых весомых недостатков экземпляров является постоянная нагрузка на подвеску даже при медленных переездах, (особенно, если речь идет о неровностях, не соответствующих ГОСТ, что в отдаленных от столицы районах достаточно нередкое явление), а также причинения дискомфорта водителю и пассажирам.

Устранением данного неудобства может быть только использование такой неровности, которая не будет влиять на движение транспорта при медленном переезде, но при условии, что она всё ещё будет создавать помехи при быстром прохождении участка. Возможным выходом из ситуации может служить ИДН на основе дилатантной жидкости.

Особенностью дилатантных жидкостей является обратная зависимость их вязкости от скорости приложения силы. При попытке стремительного и сильного удара вязкость жидкости возрастает. В большинстве подобных составов вязкость может возрастать многократно, что будет приводить к проявлению жидкостью свойств твердого тела в месте удара.

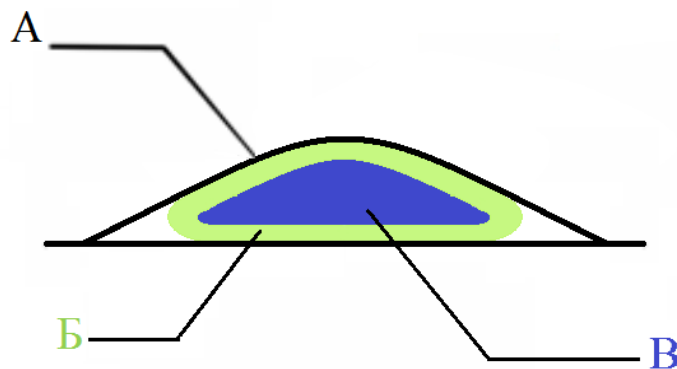
Ирландский физик Осборн Рейнольдс объяснил столь аномальное поведение тем, что все дилатантные жидкости являются суспензиями с большим содержанием твердой фазы (нерастворимых частиц), прослойка жидкости между которыми при небольшой скорости деформации служит своеобразной смазкой, уменьшая трение между частицами, в то время как при больших скоростях деформации плотная упаковка частиц нарушается, материал разбухает, размеры жидких прослоек возрастают, и при новой структуре жидкости для смазки недостаточно, что приводит к увеличению трения между частицами и кажущемуся нарастанию вязкости [3].

Таким образом, при переезде на малой скорости, наполнитель, будучи в жидком состоянии, так как скорость приложения силы со стороны будет мала, окажется вытеснен под давлением колес, вследствие чего автомобиль беспрепятственно преодолеет неровность, а водитель с пассажирами практически не почувствуют передачу импульса. Также значительно снизится нагрузка на подвеску автомобиля, что продлит срок её службы.

Тем не менее, если скоростной режим не будет соблюден, то при наезде на ИДН вязкость дилатантной жидкости возрастет во много

раз и по свойствам она приблизится к твердому телу, что поспособствует сильному удару, типичному для привычных ИДН.

Упрощённый концепт объекта может выглядеть, как показано на рис. 2.



*Рис. 2. Концепт ИДН с использованием наполнителя из дилатантной жидкости:
А – накладка; Б – эластичный мешок; В – дилатантная жидкость*

Стоит подчеркнуть, что патент на данное изобретение под номером 2465391 был оформлен ещё в 2012 году [4], поэтому данное исследование будет направлено на проверку его работоспособности и возможности реализации в целом.

В рамках опытов будет использоваться суспензия из картофельного крахмала (нерастворимое вещество) и воды, так как именно эта смесь обладает необходимыми свойствами, а также является наиболее недорогой и простой в изготовлении.

Перед созданием опытного образца был проведен ряд экспериментов по исследованию смеси с целью изучить зависимость между вязкостью и концентрацией крахмала и, конечно же, обозначить порог, при котором жидкость начинает проявлять себя, как дилатантная.

Методика заключалась в том, чтобы, постепенно добавляя в воду все большее количество крахмала, наблюдать за изменениями вязкости с увеличением концентрации твёрдой фазы. Для этого в суспензии разных концентраций бросался шарик массой 20 г. Контакт шарика

с поверхностью жидкости вызывал всплески, по которым и можно было судить о характере жидкости. Их размеры отслеживались и фиксировались на камеру. Масса воды (400 г) оставалась постоянной. Результаты приведены на рис. 3.



а) 130 г крахмала



б) 200 г крахмала



в) 400 г крахмала



г) 450 г крахмала



д) 500 г крахмала

Рис. 3. Всплески при разных концентрациях частиц крахмала

Очевидно, что при большей массе крахмала в жидкости всплески становятся более однородными (см. рис. 3в), а при соотношениях 1 к 1 и 1.25 к 1 всплески перестают образовываться в принципе (см. рис. 3г и 3д). Из этого можно сделать вывод, что при увеличении концентрации крахмала вязкость повышается. Ссылка на видеофрагменты для более подробного рассмотрения приложена: <https://yadi.sk/d/qqrm-gnZoSYDwA>

Также было установлено, что свойства дилатантной жидкости суспензия начинает проявлять, начиная с концентрации крахмала примерно 50%. Наиболее удобным для использования в дальнейшем исследовании является состав примерно из 1.125 части крахмала и 1 части воды, т.к. именно при данной пропорции жидкость находится в наиболее оптимальной консистенции и обладает необходимыми свойствами. Пропорция 1:1 – слишком жидкая и слабо проявляет себя как дилатантная, а пропорция 1.25:1 – слишком густая и неудобная при эксплуатации.

После предварительного исследования наполнителя было принято решение по реализации концепта, описанного на рис. 2. В качестве эластичного мешка была использована обычная грелка, купленная в ближайшей аптеке, а наполнителем выступила заранее изготовленная 55% суспензия. Как транспорт был взят велосипед. Результат, также записанный на видеокамеру, доступен по ссылке:

https://yadi.sk/i/bfE97hWzb_rFsw

Видеозапись подтверждает, что ИДН на основе дилатантной жидкости осуществима – на низкой скорости велосипед проехал через неровность, продавливая её и не подсакивая, в то время как на высокой скорости велосипед ударился о затвердевшую внутри неровность, что и стало причиной отрыва колеса от земли.

Дополнительно был реализован расчет зависимости высоты подскока от концентрации наполнителя и скорости велосипеда. С помощью шести опытов, по трем на суспензии 1.125:1 и 1:1, были

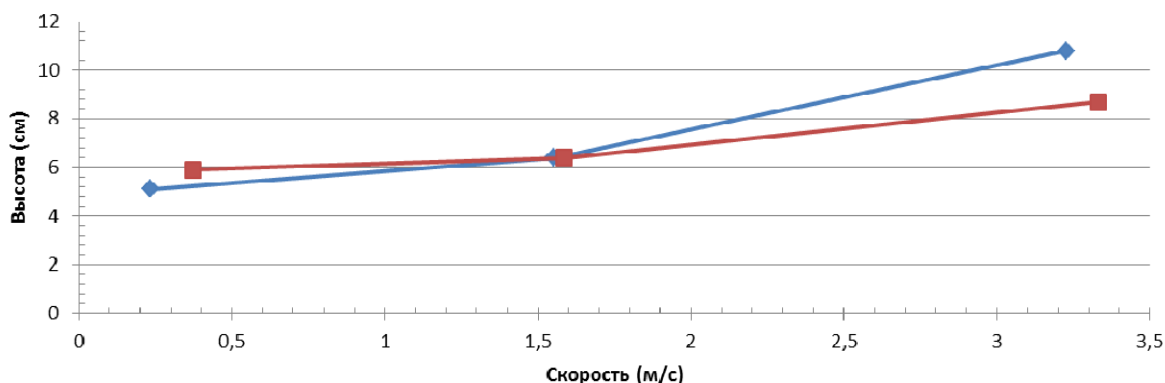
сделаны все необходимые замеры. Скорость вычислялась из известного расстояния и замеренного времени его преодоления. Результаты оформлены в виде таблицы.

Таблица

Результаты измерений

Исследуемый образец	Время (с)	Время среднее (с)	Расстояние (м)	Скорость (м/с)	Высота подскока (см)
Дилатантная жидкость концентрация ~50%	2.86	2.68	1	0.373	5.9
	2.60				
	2.64				
	2.68				
	2.64				
	0.64	0.63	1	1.587	6.4
	0.63				
	0.63				
	0.65				
	0.58				
	0.32	0.30	1	3.333	8.7
	0.30				
	0.30				
	0.29				
	0.29				
Дилатантная жидкость концентрация ~55%	4.47	4.29	1	0.233	5.1
	4.34				
	4.41				
	4.10				
	4.13				
	0.65	0.64	1	1.562	6.4
	0.65				
	0.64				
	0.62				
	0.66				
	0.30	0.31	1	3.226	10.8
	0.31				
	0.31				
	0.31				
	0.32				

На основе таблицы 1 был сделан график (рис. 4), наглядно отражающий различия между обоими случаями.



*Рис. 4. График зависимости высоты подскока от скорости переезда неровности:
красный – наполнитель с концентрацией 50%;
синий – наполнитель с концентрацией 55%*

Стоит заметить, что графики на рис. 4 похожи между собой, что характеризует схожесть зависимости подскока колеса от скорости в обоих случаях, а также схожесть физических процессов в целом. Видно, что для первого и второго опыта разница неочевидна (небольшие различия в них обуславливаются разностью скоростей), так как до этого момента скорость воздействия не настолько велика, чтобы вязкость жидкости значительно увеличилась. Решающим фактором высоты подскока велосипеда остается плотность жидкостей, разница между которыми несущественна.

Впрочем, расхождения очень заметны в третьем опыте. Несмотря на то, что на неровность с наполнителем большей концентрации велосипед наезжал с меньшей скоростью, высота его подскока выше почти на 20%, что говорит о безусловно большей эффективности 55% состава как наполнителя ИДН, а это, в свою очередь, в очередной раз подтверждает, что с повышением количества нерастворимого вещества в суспензии проявление свойств дилатантных жидкостей становится более активным.

Тем не менее, нельзя отрицать, что исследуемая модель обладает рядом существенных недостатков:

- 1) при низких температурах наполнитель кристаллизуется, что сразу отменяет возможность её использования в климатических условиях РФ;
- 2) любые нерастворимые частицы со временем оседают, из чего следует, что для нормального функционирования модели она должна быть

установлена на участке с активным транспортным потоком для постоянного перемешивания жидкости. Теоретически, возможно изготовление суспензии с использованием предельно малых частиц, процесс оседания которых максимально длителен, но проверить это на данный момент не представляется возможным;

3) данный объект, в отличие от аналогов, крайне восприимчив к вандализму.

Заключение

Опытный образец показал хорошие результаты на испытаниях, но, с учетом вышеупомянутых недостатков, возможен к реализации лишь после модернизации и только в климатически благоприятных районах.

Список литературы

1. Куприянова, А.Б. Методы успокоения движения / А.Б. Куприянова, А.Ю. Михайлов; Иркут. гос. техн. ун-т. – Деп. в ВИНТИ 24.12.2009, № 821-B2009.
2. ГОСТ Р 52605-2006. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические требования. Правила применения. – Введ. 2008-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 11 с.
3. Уилкинсон, У.Л. Неньютоновские жидкости / У.Л. Уилкинсон; пер. с англ. – М., 1964. – 216 с.
4. Устройство для снижения скорости транспортных средств, движущихся по проезжей части: пат. 2465391 Рос. Федерация: МПК E 01 F 9/047.

References

1. Kupriyanova A.B., Mihajlov A.Yu. *VINITI*, 2009, no. 821-V2009.
2. *Tekhnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizheniya. Iskusstvennye nerovnosti. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Pravila primeneniya, GOST R 52605-2006* (Technical means of traffic management. Of the hump. General technical requirements. Application rules, State Standart 52605-2006), Moscow, Izdatel'stvo standartov, 2007, 11 p.
3. Uilkinson U.L. *Nen'yutonovskie zhidkosti* (Non-Newtonian liquids), Moscow, 1964, 216 p.
4. Patent RU 2465391, MPK E 01 F 9/047.