The article presents the study results on improving the Pitot tube for the MMN-240(5)-1.0 micro-manometer used to measure air flow pressure and velocity. The design and operation principle of the improved tube are described. For the analysis the PAT no. 016 and DMTs-01.M units employed the

study tube to measure air flow pressure and velocity. The operation of the MMN-240(5)-1.0 micro-manometer fitted with the improved tube was examined and certificate no. 170 (dated 03.15.2017) was issued by the State Standard agency of Uzbekistan «Uzhydrometcenter».

© Джураев Д., Давлетшин М.М., Маматов Ф., Тоиров И., Халилов М., Уришев А.

УДК 539.3:636.2

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-116-123

П.В. Дородов, М.Р. Кудрин, А.В. Костин, В.А. Николаев

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛОВ КОРОВНИКОВ

Ключевые слова: покрытие пола; стойло; полимерно-песчаная смесь; механические характеристики; прочность; жесткость; ползучесть; сжатие; изгиб; удар; усталость.

Введение. Известно, что применение полимерных композиционных материалов в строительстве и машиностроении даёт значительный экономический эффект, например, позволяет сэкономить от 5 % до 30 % веса проектируемого изделия. Одним из видов композитных материалов является полимерно-песчаная смесь (ППС), к основным преимуществам которой можно отнести: высокую коррозионную и химическую стойкость; возможность использования в условиях повышенной влажности, сезонных и суточных температурных перепадов; возможность поставки в виде отдельно собранных, легко транспортируемых, заменяемых и наращиваемых модульных конструкций; снижение расходов на изготовление изделий, их монтаж и эксплуатацию. Однако внедрение таких изделий требует исследования и подтверждения их свойств соответствующим нормативным требованиям. Полимерно-песчаная плитка характеризуется как прочный, надежный, долговечный материал и в качестве покрытия пола в стойлах для крупного рогатого скота является оптимальным. Однако в местах постоянного нахождения животных плитка подвергается большим местным нагрузкам и механическим воздействиям переменного характера. Это приводит к сокращению срока эксплуатации данного типа полов и повышает процент травмируемых животных. Поэтому при проектировании коровников необходимо обосновать конструкционные параметры плитки при различных видах сопротивления, расчет которых зависит от механических характеристик ППС. В работе представлены результаты исследования механических свойств ППС при статическом сжатии и изгибе, ударе и

циклическом нагружении. Так, удельная прочность ППС при сжатии в 2,4...5,5 раза и в 3,8...12,3 раза ниже по сравнению со сталью и серым чугуном соответственно. Жесткость ППС при сжатии более чем в 1672 и 1338 раз, а при изгибе более чем в 255 и 147 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно. Прочность при ударной нагрузке образцов из ППС в 3,5...13,7 раз выше серого чугуна и соизмерима с некоторыми марками углеродистой конструкционной стали. Удельная усталостная прочность ППС более чем в 4,8 и в 2,3 раза ниже углеродистой конструкционной стали и серого чугуна соответственно.

Сегодня для снижения материалоемкости производства постепенно внедряются дешевые, лёгкие, прочные и долговечные композитные материалы, например полимерно-песчаные изделия, которые вытесняют с рынка устаревшие аналоги, производимые из бетона и металла (рисунков 1).

И это не удивительно – при сравнительно невысокой стоимости полимерно-песчаные элементы не боятся климатических перепадов температуры и влажности, имеют высокую коррозионную и химическую стойкость [1]. Они изготавливаются из дешевого сырья: измельченных полимерных бытовых отходов и речного песка. Ожидаемый срок службы каждой такой детали составляет не менее 10 лет при эксплуатации в самых сложных условиях [2]. Однако внедрение таких изделий, в том числе на предприятиях АПК, требует исследования и подтверждения их свойств соответствующим нормативным требованиям [1–4].

Рисунок 1

Конструкционные элементы из полимерно-песчаной смеси: а) плитка для стойла КРС; б) чаша поилки для КРС; в) строительные элементы; г) элементы водоотведения

Так, исследования свойств различных типов напольного покрытия, параметров микроклимата животноводческих помещений и уровня продуктивности коров в СХПК «Колхоз «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики [5] показали, что полимерно-песчаная плитка (рисунок 1а) обладает высоким уровнем практичности за счет стойкости состава к любым проявлениям коррозии, гниения, образованию грибковых отложений, кислот, мха. При этом плитка имеет отличные гидроизолирующие свойства, противоударные показатели и высокую защиту от температурных перепадов различного диапазона. Также выявлено достоверное увеличение удоя коров, в стойлах которых в качестве напольного покрытия использовалась плитка из полимерно-песчаной смеси (ППС). Полимерно-песчаная плитка характеризуется как прочный, надежный, долговечный материал и в качестве покрытия пола в стойлах является оптимальным. Однако в местах постоянного нахождения животных плитка подвергается большим местным нагрузкам и механическим воздействиям переменного характера. Коровы с живой массой, превышающей средний показатель по стаду, «продавливают» своим весом отдельные плиты и за счет непрерывного переступания конечностями способствуют более быстрому истиранию плиток. Это приводит к сокращению срока эксплуатации данного типа полов и потенциально повышает процент травмируемых животных [5]. Поэтому при проектировании коровников необходимо обосновать конструкционные параметры плитки при различных видах сопротивления, расчет которых зависит от механических характеристик ППС.

Целью работы является исследование физико-механических свойств полимерно-песчаных образцов.

В связи с поставленной целью в работе определены следующие **задачи исследования**: провести испытания образцов из ППС при статических и переменных нагрузках; выполнить ударную пробу; рассчитать механические характеристики и дать оценку конструкционной эффективности материала.

Методы механических испытаний регламентированы государственными стандартами и лабораторные исследования ППС проведены в соответствии с ними [6–11]. Образцы ППС были изготовлены из плитки для стойла животноводческих помещений (рисунок 1а).

Результаты исследования. *Испытания на прочность и жесткость при сжатии.* Испытания на сжатие проводились на модернизированной разрывной машине МР-0,5-1 [12, 13], снабженной нагрузочным устройством, представляющим собой опорные плиты с направляющими (рисунок 2).

Рисунок 2

Испытательная машина МР-0,5-1: а) общий вид; 1 – диаграммный аппарат; 2 – динамометр; б) нагрузочное устройство; 3 – исследуемый образец; 4 – опорные плиты

Испытанию подвергалась серия цилиндрических образцов высотой $h = 17,0...17,2$ мм и диаметром $d_0 = 11,5...11,7$ мм (рисунок 3).

Рисунок 3

Образцы на сжатие:

а) до испытания; б) после испытания

На диаграммном аппарате были построены диаграммы сжатия (зависимости нагрузка – укорочение образца). Одна из полученных диаграмм представлена на рисунке 4.

По ординате точки А в масштабе диаграммы определялась нагрузка P_p , соответствующая

пределу пропорциональности. Для исследуемой серии образцов $P_{\Pi 0} = 1733,3 \dots 1900 \text{ Н}$.

Рисунок 4

Диаграмма сжатия полимерно-песчаного образца

По формуле [14]

$$\sigma_j = \frac{4P_j}{\pi d_0^2} \quad (1)$$

были рассчитаны пределы пропорциональности $\sigma_{\Pi} = 16,1 \dots 18,3 \text{ МПа}$. Здесь σ_j – предельное напряжение, P_j – нагрузка, соответствующая пределам пропорциональности, текучести и прочности, d_0 – диаметр образцов.

Форма образца после испытания (рисунок 3б) указывает на то, что материал является упруго-пластичным, однако на диаграммах сжатия отсутствует площадка текучести, поэтому определялся условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ при величине остаточной деформации $0,0002h$. Ордината точки B в масштабе диаграммы представляет собой нагрузку $P_{0,2}$, которая соответствует условному пределу текучести. Исследования показали, что $P_{0,2} = 1866,6 \dots 2033,4 \text{ Н}$, а условный предел текучести, также рассчитанный по формуле (1), $\sigma_{0,2} = 17,4 \dots 19,6 \text{ МПа}$.

В связи с тем, что материал является высокопластичным, разрушение образцов не происходило, они лишь сплющивались, поэтому определялся условный предел прочности $\sigma_{в^y}$ при деформации образца, равной $h/3$. Такой деформации на диаграмме сжатия (рисунок 4) соответствует точка C, по ординате которой в масштабе можно найти условную разрушающую нагрузку $P_{в^y}$. Для исследуемых образцов $P_{в^y} = 2766,5 \dots 3033,4 \text{ Н}$, а соответствующий предел прочности имеет значения $\sigma_{в^y} = 25,7 \dots 29,2 \text{ МПа}$. Удельная прочность при плотности ППС $\rho = 1594 \text{ кг/м}^3$ составила $\sigma_{в^y} / \rho = 16 \dots 18 \text{ кПа} \cdot \text{м}^3 / \text{кг}$. Так, для углеродистой конструкционной стали она находится в пределах $\sigma_{в^y} / \rho = 43 \dots 88 \text{ кПа} \cdot \text{м}^3 / \text{кг}$, для серого

чугуна при сжатии – $\sigma_{в^y} / \rho = 70 \dots 197 \text{ кПа} \cdot \text{м}^3 / \text{кг}$, т. е. удельная прочность ППС в 2,4...5,5 раза и в 3,8...12,3 раза ниже по сравнению со сталью и серым чугуном соответственно.

Также была исследована жесткость материала в упругой зоне нагружения. Как видно из рисунка 4, до точки A справедлив закон Гука, следовательно, можно определить модуль упругости E [14]

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \text{ при } \sigma \leq \sigma_{\Pi}, \quad (2)$$

где σ – напряжение; ε – относительная деформация. Однако величина модуля упругости существенно зависит от скорости нагружения и вида сопротивления. Так, при сжатии образца и скорости перемещения активного захвата машины, равной 30 мм/мин , $E = 105,4 \dots 119,6 \text{ МПа}$. Таким образом, жесткость ППС при сжатии более чем в 1672 и 1338 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно.

Исследование ползучести и вязкоупругих свойств. Исследование ползучести проводилось на консольно-нагруженных образцах цилиндрической формы рабочей длиной $l = 100 \dots 105 \text{ мм}$, диаметром $d_0 = 17,7 \dots 17,8 \text{ мм}$ при нагрузке $P = 10 \text{ Н}$ (рисунок 5).

Рисунок 5

Стенд для исследования ползучести образца из ППС:
1 – серга с гирей; 2 – исследуемый образец;
3 – индикатор; 4 – кронштейн

Расчетные напряжения [14] σ в жесткой заделке составили

$$\sigma = \frac{32Pl}{\pi d_0^3} = 1,8 \dots 2,0 \text{ МПа}, \quad (3)$$

где P – нагрузка; l – длина образца; d_0 – диаметр образца.

Затем строились диаграммы ползучести – изменение прогиба w и скорости деформации

dw/dt с течением времени t . На рисунке 6 показаны результаты исследования ползучести круглого образца диаметром 17,77 мм, рабочей длиной 100 мм при нагрузке 10 Н и температуре 20–

25 °С за период времени нагружения 3 часа (180 мин) и на рисунке 7 – за 24 часа нагружения (1440 мин).

Рисунок 6

Исследование ползучести образца из ППС при нагрузке 10 Н за первые 3 часа:

а) диаграмма ползучести; б) график скорости деформации в зависимости от времени нагружения

Рисунок 7

Исследование ползучести образца из ППС при нагрузке 10 Н за 24 часа:

а) диаграмма ползучести; б) график скорости деформации в зависимости от времени нагружения

Проведенный анализ показал, что исследуемый материал является вязкоупругим. Скорость ползучести за первые 0,5...10 минут сравнительно высока и составляет 0,01...0,08 мм/мин, после резко снижается и остается малой (менее 0,009 мм/мин) в течение десятков часов. После снятия внешней нагрузки остаточная деформация составила $w_{ост}=0,71$ мм.

На рисунке 8 представлена диаграмма релаксации образца из ППС. Время релаксации материала, т. е. время, за которое остаточная деформация уменьшается в e раз, составляет 5...10 мин.

Также исследована жесткость материала на консольно-нагруженном образце расчетной длиной $l = 100$ мм, прямоугольным сечением со сторонами $b = 27,2$ мм и $h = 14,7$ мм. На рисунке 9а) представлена графическая взаимосвязь между силой P_j и прогибом w .

Расчетные напряжения в жесткой заделке определялись по выражению [14]

$$\sigma = \frac{6P_i l}{bh^2} < \sigma_n = 16 \text{ МПа}, \quad (4)$$

где P_i – вес i -той гири ($i = 0, 1, 2, \dots$); l – длина образца; b, h – стороны прямоугольного сечения образца.

Рисунок 8

Диаграмма релаксации образца из ППС

Здесь для определения модуля упругости E была использована примерная формула [14]:

$$E = \frac{4l^3}{bh^3} \frac{dP}{dw}, \quad (5)$$

где изменение нагрузки от прогиба dP/dw графически представлено на рисунке 9б.

Рисунок 9

Исследование жесткости консольно-нагруженного образца из ППС:
а) диаграмма нагрузка-прогиб; б) зависимость изменения жесткости ППС от нагрузки;
1, 3 – при внезапно приложенной нагрузке; 2, 4 – через одну минуту после нагружения

Для исследуемого материала при внезапно приложенной нагрузке модуль упругости меняется в пределах $E = 337,96...784,71 \text{ МПа}$, а через одну минуту после нагружения – $E = 168,05...417,12 \text{ МПа}$, т. е. жесткость при внезапно приложенной нагрузке в 1,9...2 раза выше по сравнению со статической нагрузкой, что согласуется с теоретическими расчетами (коэффициент динамичности $k_d = 2$) [14, 15]. Жесткость ППС при изгибе более чем в 255 и 147 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно.

Испытания на удар проводились на маятниковом копре КМ-30 при температуре 20–25 °С над партией однотипных образцов в количестве 6 штук длиной $l = 84,4...100,2 \text{ мм}$, диаметром $d_0 = 14,46...17,76 \text{ мм}$ (рисунок 10).

Рисунок 10

Исследуемый образец на ударную пробу:
а) до удара; б) после удара

Полученная величина ударной вязкости a для исследуемого материала находится в пределах $242,3...548,3 \cdot \text{кДж/м}^2$. Таким образом, прочность при ударной нагрузке образцов из ППС в 3,5...13,7 раз выше серого чугуна ($a = 40...70 \text{ кДж/м}^2$) и соизмерима с некоторыми

марками углеродистой конструкционной стали ($a = 380...880 \text{ кДж/м}^2$).

Испытания на усталость. Для определения усталостной долговечности испытывалась серия образцов (рисунок 11а) рабочей длиной $l = 102,0...105,0 \text{ мм}$ и диаметром $d_0 = 17,7...17,8 \text{ мм}$ в количестве 10 штук до полного их разрушения (рисунок 11б) на машине УКИ-10 М (рисунок 12).

Рисунок 11

Образец для исследования на усталость: а) до разрушения; 1 – исследуемый материал; 2 – головка под подшипник с серьгой для гирь; б) после разрушения

По результатам испытаний строилась диаграмма максимальных напряжений σ в зависимости от числа циклов до разрушения N (кривая усталости), изображенная на рисунке 13.

Максимальные напряжения для консольно-нагруженного образца в жесткой заделке определялись по формуле (3)

$$\sigma = \frac{32P_i l}{\pi d_0^3},$$

где P_i – вес гири; l – длина образца; d_0 – диаметр образца.

Рисунок 12

Усталостные испытания: а) испытательная машина УКИ-10 М; 1 – гиря; 2 – тумблер для выбора скоростного режима; 3 – счетчик числа оборотов (циклов); 4 – нагруженный образец; б) разрушенный образец

Для построения теоретической кривой усталости использовалось известное ее представление в виде уравнения [14, 16]

$$\sigma^m N = C, \quad (6)$$

где m , C – постоянные и для $N = 1$ принято значение условного предела текучести $\sigma_{0,2} = 17,4 \dots 19,6$ МПа.

Исследование уравнения (6) в контрольных точках экспериментальных значений (на рисунке 13 отмечены маркерами) позволило рассчитать предельные значения постоянных: $m = 15,1 \dots 19,43$; $C = 3,26 \cdot 10^{19} \dots 1,27 \cdot 10^{24}$ Па ^{m} .

Рисунок 13
Диаграмма усталости

Тогда из уравнения (6) можно рассчитать предел выносливости при симметричном цикле σ_{-1} , задавшись базовым числом N_b . В сравнении со стальными образцами, для которых принято $N_b = 10^7$ циклов [14, 16], получаем $\sigma_{-1} = 5,78 \dots 6,74$ МПа. Таким образом, можно записать эмпи-

рическое соотношение между пределом выносливости и условным пределом прочности в виде

$$\sigma_{-1} = (0,19 \dots 0,26) \sigma_B^y. \quad (7)$$

Для стали принято следующее соотношение $\sigma_{-1} = (0,4 \dots 0,5) \sigma_B$ [14, 16].

Таким образом, удельная усталостная прочность σ_{-1} / ρ ППС более чем в 4,8 и в 2,3 раза ниже углеродистой конструкционной стали и серого чугуна соответственно.

Выводы.

1. Удельная прочность ППС при сжатии составила $\sigma_B^y / \rho = 16 \dots 18$ кПа·м³/кг, т. е. в 2,4... 5,5 раза и в 3,8... 12,3 раза ниже по сравнению со сталью и серым чугуном соответственно. С целью предотвращения появления остаточной деформации и потери несущей способности изделий из ППС расчетные напряжения при статической нагрузке необходимо ограничить наименьшей величиной предела пропорциональности ($\sigma \leq 16$ МПа), а при переменном характере нагружения – пределом выносливости ($\sigma \leq 5$ МПа).

2. Жесткость ППС при сжатии более чем в 1672 и 1338 раз, а при изгибе более чем в 255 и 147 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно. Жесткость ППС при внезапно приложенной нагрузке в 1,9... 2 раза выше по сравнению со статической нагрузкой.

3. Исследуемый материал является вязкоупругим. Скорость ползучести за первые 0,5... 10 минут сравнительно высока и составляет 0,01... 0,08 миллиметров прогиба в минуту (для консольно-нагруженных образцов длиной 100... 105 мм, диаметром 17,7... 17,8 мм при нагрузке 10 Н), после резко снижается и остается малой (менее 0,009 мм/мин) в течение десятков часов. Время релаксации материала составляет 5... 10 мин.

4. Ударная вязкость образцов из ППС находится в пределах 242,3... 548,3 кДж/м², что в 3,5... 13,7 раз выше серого чугуна и соизмерима с некоторыми марками углеродистой конструкционной стали.

5. Удельная усталостная прочность σ_{-1} / ρ ППС более чем в 4,8 и в 2,3 раза ниже углеродистой конструкционной стали и серого чугуна соответственно.

Исследованные механические свойства и полученные механические характеристики необходимо использовать при расчете и проектировании изделий из ППС при различных видах сопротивления.

Библиографический список

1. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композитные материалы [Текст] /

Ю.А. Михайлин. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 822 с.

2. Нефтехимия Российской Федерации. 2014. № 2 (23). С. 23–25.
3. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике [Текст]: науч. издание / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, М.Н. Ерохин и др. М.: Росинформагротех, 2011. 248 с.
4. Система машин и оборудования для реализации инновационных технологий в растениеводстве и животноводстве Республики Башкортостан [Текст]: монография / И.И. Габитов, С.Г. Мударисов, Р.Р. Исмагилов и др. Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. 327 с.
5. Мартынова, Е.Н. Покрытие пола в коровниках как один из факторов, влияющих на поведенческие реакции животных [Текст] / Е.Н. Мартынова, Е.А. Ястребова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 8. С. 27–32.
6. Костин, П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов [Текст] / П.П. Костин. М.: Машиностроение, 1990. 256 с.
7. Афанасьев, А.М. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов [Текст] / А.М. Афанасьев, В.А. Марьин. М.: Наука, 1975. 287 с.
8. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ю.М. Вольмир, Ю.П. Григорьев, В.А. Марьин, А.И. Станкевич. М.: МАИ, 1997. 325 с.
9. Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований [Текст]: учеб. пособие / В.Э. Вильдеман, А.В. Бабушкин,

М.Н. Третьяков и др.; под ред. В.Э. Вильдемана. Пермь: ПНИПУ, 2011. 164 с.

10. ГОСТ 25.602-80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1981. 12 с.
11. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1970. 19 с.
12. Дородов, П.В. Повышение надежности сельскохозяйственных машин путем оптимизации формы их деталей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / П.В. Дородов. М., 2015. 327 с.
13. Дородов, П.В. Комплексный метод расчета и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений [Текст]: монография / П.В. Дородов. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014. 316 с.
14. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов [Текст] / Н.М. Беляев. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. 856 с.
15. Дородов, П.В. Расчет деталей машин с концентраторами напряжений и оптимизация их формы [Текст] / П.В. Дородов. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. 187 с.
16. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность [Текст]: руководство и справочное пособие / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович. М.: Машиностроение, 1975. 488 с.

Сведения об авторах

1. **Дородов Павел Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: pvd80@mail.ru.
2. **Кудрин Михаил Романович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.
3. **Костин Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: kostin13@mail.ru.
4. **Николаев Владимир Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.

Исследованы физико-механические свойства одного из видов композитных материалов – полимерно-песчаной смеси (ППС) для использования в строительстве в качестве покрытия пола в стойлах для крупного рогатого скота. Проведены испытания образцов полимерно-песчаной смеси при статических и переменных нагрузках, выполнена ударная проба, рассчи-

таны механические характеристики и дана оценка конструкционной эффективности материала. Установлено, что полимерно-песчаная плитка характеризуется как прочный, надежный, долговечный материал. Исследуемый материал является вязкоупругим. Ударная вязкость образцов из ППС находится в пределах 242,3–548,3 кДж/м², что в 3,5–13,7 раз выше

серого чугуна и соизмерима с некоторыми марками углеродистой конструкционной стали. Исследованные механические свойства и получен-

ные механические характеристики возможно использовать при расчете и проектировании изделий из ППС при различных видах сопротивления.

P. Dorodov, M. Kudrin, A. Kostin, V. Nikolaev

INVESTIGATION INTO PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERIC SAND USED FOR COWSHED FLOORING

Key words: *flooding; stall; polymeric sand; mechanical characteristics; strength; hardness; plastic flow deformation; compression; bending; impact; fatigue.*

Authors' personal details

1. **Dorodov Pavel**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru.

2. **Kudrin Mikhail**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Farm Animal Production, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069.

3. **Kostin Alexander**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, e-mail: kostin13@mail.ru.

4. **Nikolaev Vladimir**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Farm Animal Production, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069.

Physical and mechanical properties of the polymeric sand used as floor covering in cattle stalls were investigated. Samples of the polymeric sand were tested under static and dynamic stress, an impact test was done, mechanical characteristics were measured, and the material structural efficiency was evaluated. The polymeric sand tile appeared strong, reliable and durable material. The study material exhibited viscoelasticity. The polymeric sand samples

demonstrated impact viscosity in the range 242,3–548,3 kJ/m². The figure was 3,5–13,7 times higher than that of gray cast iron and was comparable with some classes of carbon structural steel. Mechanical properties of the polymeric sand were analysed. The characteristics revealed in the analysis can be used in dimensioning and designing products made from polymeric sand under various strength indices.

© Дородов П.В., Кудрин М.Р., Костин А.В., Николаев В.А.

УДК 631.316.5

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-123-129

А.А. Михайлин, В.П. Максимов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ БОГАРНЫХ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ИННОВАЦИОННЫМ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЕМ ГНЧ-0,6М

Ключевые слова: *глубокорыхлитель; чизель; переуплотнение; богарные земли; склон; аккумуляция влаги; урожайность.*

Введение. За последние 30 лет в Российской Федерации переуплотнение пахотных земель превысило 10 млн га. Причиной этого являются многократные проходы энергонасыщенной тех-

ники по полям. За последние 40 лет под воздействием тяжелых машин почвы стали плотнее на 20 % [1]. Под воздействием техногенной нагрузки возникает накопление остаточных де-