

## РАЗРАБОТКА ВИБРАЦИОННОГО ПРЕССА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

*Описаны конструкция и принцип действия вибрационного пресса для формования контрольных асфальтобетонных образцов. Раскрыты особенности виброимпульсного воздействия на формируемое изделие и составлено уравнение для описания упруго-вязко-пластического течения уплотняемой асфальтобетонной среды. Дана краткая техническая характеристика вибрационного пресса.*

**Ключевые слова:** *вибрационный пресс, асфальтобетонная смесь, образец асфальтобетона.*

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами.** Создание оборудования, предназначенного для формования контрольных асфальтобетонных образцов и сочетающего в себе низкую энергоёмкость, простоту конструкции, малую металлоёмкость, мобильность и высокое качество отформованных образцов, является важной народнохозяйственной задачей. При этом важную роль в разработке такого оборудования отводится внедрению в процесс уплотнения асфальтобетонных образцов виброимпульсных воздействий на формируемую смесь, при которых достигается степень уплотнения эквивалентная статическому давлению 40 МПа. В тоже время создание принципиально новых виброимпульсных эффектов невозможно без разработки принципиально новых конструкций вибрационных прессов, удовлетворяющих современному производству.

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых впервые предлагалось решение данной проблемы и на которые опираются авторы, выделение не решенных прежде задач общей проблемы, которым посвящается указанная статья.** В настоящее время для формования контрольных образцов, предназначенных для испытаний качества приготовленной или уложенной в покрытие асфальтобетонной смеси по ГОСТ 9128-2009 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон», используются 50- или 100-тонные прессы статического действия (Методы испытаний по ГОСТ 12801-98). Уплотнение на этих прессах асфальтобетонных образцов статическим давлением 40 МПа приводит к частичному дроблению минеральных частиц асфальтобетонной смеси и не отражает действительного процесса уплотнения дорожного покрытия в реальных условиях [1].

Особенностью создаваемого оборудования является разработка способа формования контрольных асфальтобетонных образцов, полностью имитирующего уплотнение асфальтобетонного покрытия дорожными катками в реальных условиях строительства. Конструкцией вибрационного пресса должна быть предусмотрена возможность изменения виброимпульсного воздействия соответствующая созданию условий, возникающих при уплотнении легкими, средними и тяжелыми катками. Отформованные образцы асфальтобетона должны соответствовать Европейскому Стандарту EN12697-33.

**Формулирование целей статьи (постановка задачи).** Цель работы – разработка конструкции мобильного вибрационного пресса, предназначенного для формования контрольных асфальтобетонных образцов, используемых для определения качества приготовленной или уложенной в покрытие асфальтобетонной смеси и качества уплотнения асфальтобетонного покрытия.

**Изложение основного материала исследования с полным обоснованием научных результатов.** В результате предварительно проведенных исследований было установлено, что для формования контрольных асфальтобетонных образцов может быть использован вибрационный пресс, при создании которого необходимо учесть взаимодействие его вибрационного рабочего органа с уплотняемой средой.

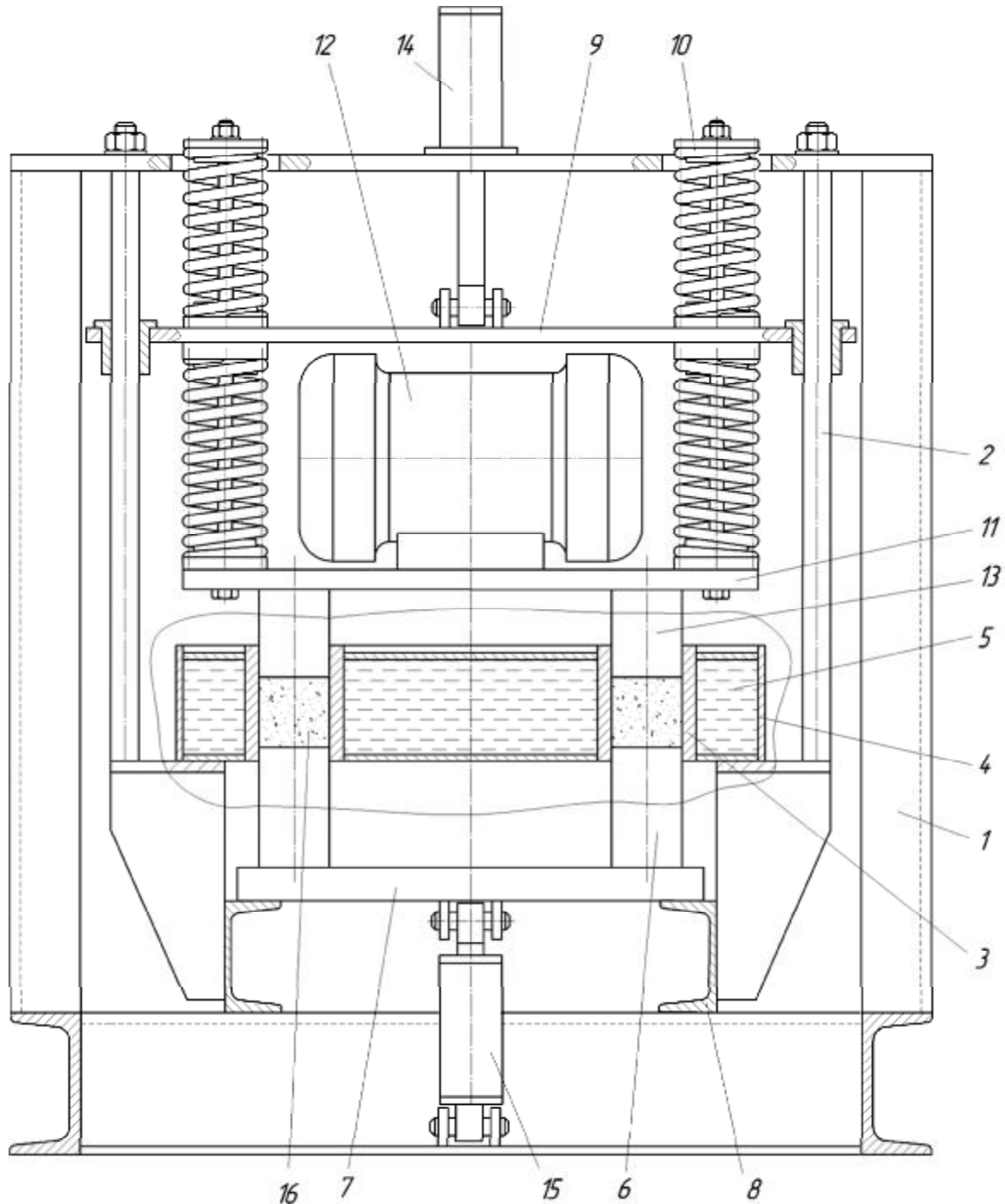
На рисунке 1 изображен предлагаемый вибрационный пресс для формования асфальтобетонных образцов, общий вид.

Вибрационный пресс для формования асфальтобетонных образцов содержит станину 1 с направляющими 2, на которой смонтированы матрица, и выталкивающее устройство отформованных образцов. При этом матрица выполнена в виде двух калиброванных стаканов 3, смонтированных в собственном полем корпусе 4, который образует герметичную рубашку, заполненную нагреваемым масляным теплоносителем 5 вокруг калиброванных стаканов 3. Выталкивающее устройство отформованных образцов выполнено в виде выжимных пуансонов 6, смонтированных на жёсткой балке 7, которая в нижнем исходном положении опирается на жёсткие ограничители 8, закрепленные на станине 1.

Вибрационный пресс дополнительно снабжен связанной с направляющими 2 реактивной плитой 9, к которой при помощи упругих амортизаторов 10 подвешена виброплита 11 с вибровозбудителем колебаний 12, снабжённая двумя формующими пуансонами 13, закреплёнными на её нижней стороне. Выжимные пуансоны 6 расположены оппозитно формующим пуансонам 13, и их концы в нижнем положении перекрывают низ цилиндрических отверстий калиброванных стаканов 3 матрицы. Упругие амортизаторы 10 выполнены в виде цилиндрических пружин, смонтированных по дифференциальной схеме.

Реактивная плита 9 соединена с приводом вертикальных перемещений 14, закрепленного на верхней перекладине станины. Выталкивающее устройство приводится в действие приводом 15. Внутри полого корпуса 4 матрицы смонтирован трубчатый электронагреватель (на рисунке не показан).

Работа вибрационного пресса для формирования асфальтобетонных образцов осуществляется следующим образом.



**Рис. 1. Вибрационный пресс для формирования контрольных асфальтобетонных образцов**

Вначале включается трубчатый электронагреватель, который разогревает масляный теплоноситель, тепло от которого передается матрице и пуансонам 6 и 13. При достижении нагреваемыми элементами рабочей температуры 140...150<sup>0</sup> С приступают к формованию асфальтобетонных образцов. Для этого приводом вертикальных перемещений 14 поднимают реактивную плиту 9 вместе с виброплитой 11 в крайнее верхнее положение. В калиброванные стаканы 3 матрицы загружают определенное количество предварительно нагретой асфальтобетонной смеси 16 и приводом 14 перемещают реактивную плиту 9 вместе с виброплитой 11 до соприкосновения формирующих пуансонов 13 с асфальтобетонной смесью 16 и включают вибровозбудитель колебаний 12, под действием которого перемещающаяся в вертикальном направлении виброплита 11 работает в виброударном режиме и обеспечивает эффективное уплотнение асфальтобетонных образцов до стандартных значений плотности.

После окончания уплотнения выключают вибровозбудитель колебаний 13 и приводом 14 отводят виброплиту 11 вместе с формирующими пуансонами 13 в крайнее верхнее положение. Приводится в действие привод 15 и выталкивающим устройством отформованные образцы удаляются из матрицы, а затем снимаются.

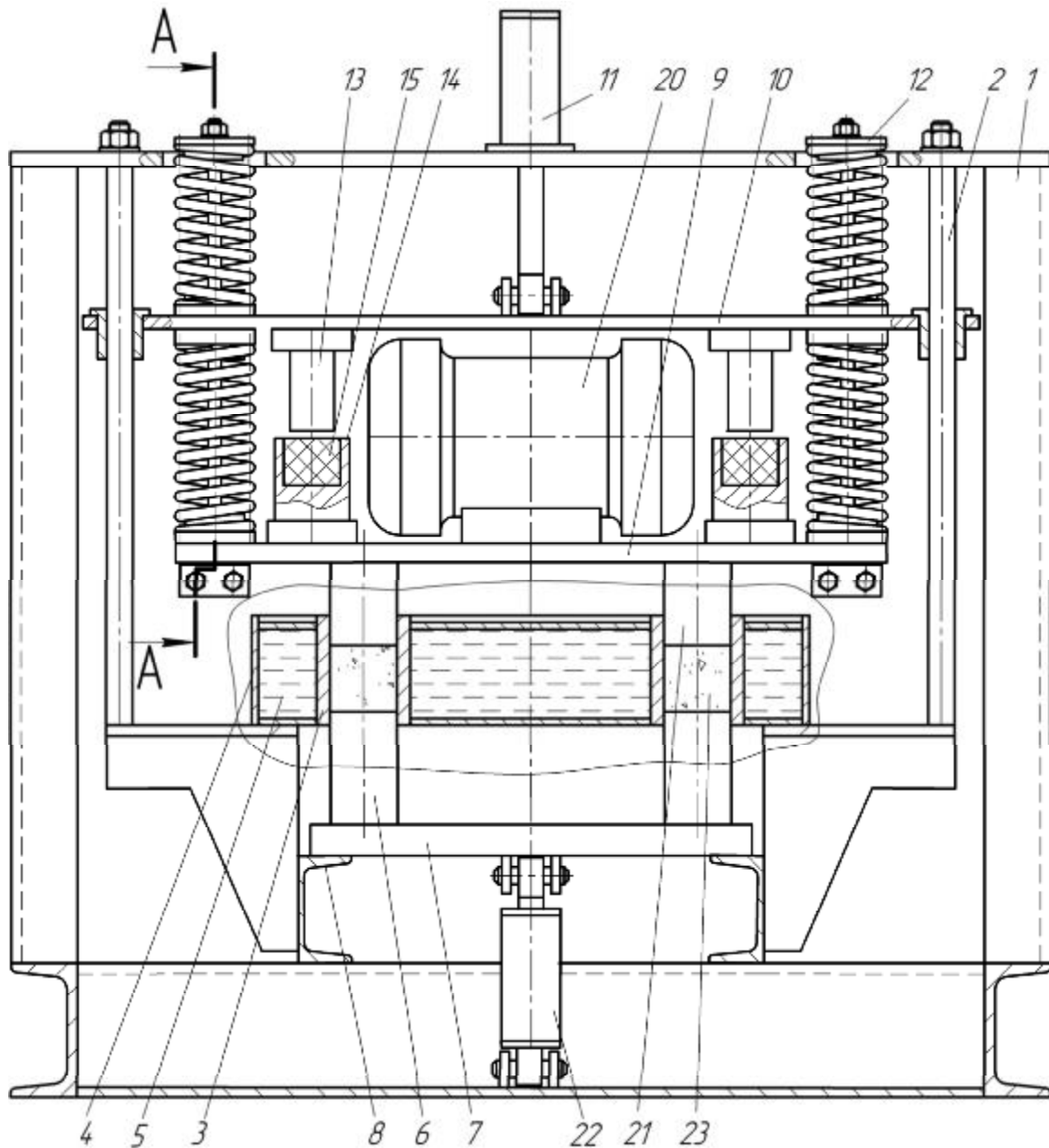
Использование предлагаемого вибрационного пресса для формования асфальтобетонных образцов позволяет заменить статический 50-...100-тонный пресс, который обычно используется для формования асфальтобетонных образцов давлением 40 МПа, обеспечить качественное формование асфальтобетонных образцов из мало-, средне- и многощебенистых асфальтобетонных смесей без разрушения крупных минеральных частиц, наблюдаемого в случае использования статического пресса.

С целью интенсификации процесса формования контрольных асфальтобетонных образцов нами было проведено усовершенствование вибрационного пресса, конструкция которого представлена на рисунках 2 и 3.

Виброимпульсный пресс для формования асфальтобетонных образцов содержит станину 1 с направляющими 2, на которой смонтированы матрица и выталкивающее устройство отформованных образцов. Матрица, предназначенная для формуемых асфальтобетонных образцов, выполнена в виде двух калиброванных стаканов 3, которые смонтированы в полом корпусе 4, образующем герметичную рубашку, заполненную нагреваемым масляным теплоносителем 5 вокруг калиброванных стаканов 3.

Выталкивающее устройство отформованных образцов выполнено в виде выжимных пуансонов 6, смонтированных на жесткой балке 7, которая в нижнем исходном положении опирается на жесткие ограничители 8, закрепленные на станине 1. Вибрационный пресс дополнительно снабжен

существенно нелинейной подвеской, при помощи которой вибрационная плита 9 подвешена к реактивной плите 10, связанной с верхней поперечной балкой станины посредством силового механизма вертикальных перемещений 11.



**Рис. 2. Общий вид виброимпульсного пресса для формования контрольных асфальтобетонных образцов**

При этом существенно нелинейная подвеска состоит из упругой подвески 12 и жестко-упругих амортизаторов, каждый из которых состоит из закрепленного на реактивной плите 10 жесткого ударного элемента 13, контактирующего с закреплённой на вибрационной плите 9 упруго-металлической опорой, выполненной в виде жесткого стакана 14, заполненного упругопластическим телом 15, причем в свободно

подвешенном положении вибрационной плиты зазор между контактирующими поверхностями ударного элемента и упругопластического тела равен  $D = (70 \dots 2000) / c$ , где  $c$  – жёсткость упругих амортизаторов, Н/см.

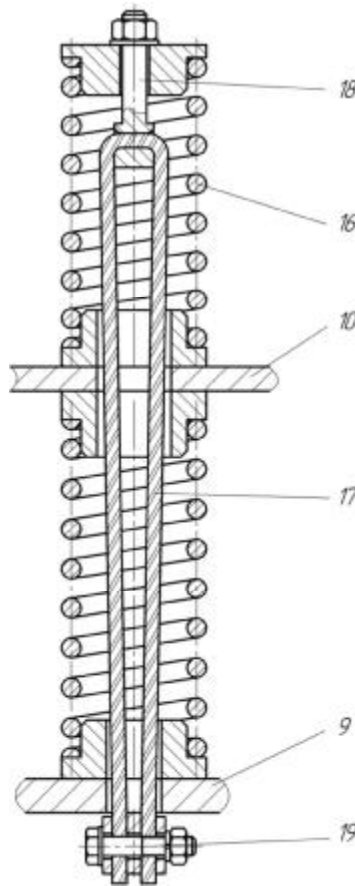


Рис. 3. Разрез А – А на рисунке 2

Упругая подвеска выполнена из отдельных упругих элементов, каждый из которых состоит из двух упругих пружин 16, соединённых по дифференциальной схеме и стянутых натяжным устройством, выполненным в виде гибких связей 17, соединяющих регулировочное винтовое соединение 18 с креплением 19 на вибрационной плите 9. На вибрационной плите 9 установлен вибровозбудитель колебаний 20, и она снабжена двумя формующими пуансонами 21, жестко закрепленными на её нижней стороне. Выжимные пуансоны 6 расположены оппозитно формующим пуансонам 21, и их концы в нижнем положении перекрывают низ цилиндрических отверстий калиброванных стаканов 3 матрицы. Выталкивающее устройство приводится в действие приводом 22. Внутри полого корпуса 4 матрицы смонтирован трубчатый электронагреватель (на рисунке не показан).

Работа виброимпульсного пресса для формования асфальтобетонных образцов осуществляется следующим образом.

Вначале включается трубчатый электронагреватель, который разогревает масляный теплоноситель, тепло от которого передается матрице и пуансонам 6 и 21. При достижении нагреваемыми элементами рабочей температуры 140...150<sup>0</sup> С приступают к формированию асфальтобетонных образцов. Для этого отводят силовым механизмом 11 реактивную плиту 10 вместе с вибрационной плитой 9 в крайнее верхнее положение. В калиброванные стаканы 3 матрицы загружают определённое количество предварительно нагретой асфальтобетонной смеси 23 и затем силовым механизмом 11 перемещают реактивную плиту 10 вместе с вибрационной плитой 9 до соприкосновения формирующих пуансонов 21 с асфальтобетонной смесью 23. Включают вибровозбудитель колебаний 20, под действием которого перемещающаяся силовым механизмом вибрационная плита 9 начинает работать в виброимпульсном режиме. При непрерывном перемещении силовым механизмом 11 вибрационной плиты 9 увеличивается жёсткость подвески и одновременно возрастает амплитуда колебаний самой вибрационной плиты 9, а следовательно, и формирующих пуансонов 21. При дальнейшем перемещении выбирается зазор в жестко-упругих амортизаторах и жёсткие ударные элементы 13 начинают контактировать с упругопластическими телами 15. В результате ударов жёстких ударных элементов 13 об упругопластические тела 15 возникают виброударные асимметричные поличастотные колебания вибрационной плиты 9 в вертикальном направлении, что благоприятно сказывается на эффективности уплотнения асфальтобетонных образцов. Это объясняется тем, что при ударах асфальтобетонной среде передаются значительные силовые импульсы, обеспечивающие большую подвижность минеральных частиц с образованием более плотной упаковки асфальтобетонной смеси. При этом не происходит дробления минеральных частиц асфальтобетонной смеси. Таким образом, осуществляется эффективное уплотнение асфальтобетонных образцов до стандартных значений плотности.

После окончания уплотнения выключают вибровозбудитель колебаний 20 и силовым механизмом 11 отводят виброплиту 9 вместе с формирующими пуансонами 21 в крайнее верхнее положение. Приводится в действие привод 22 и выталкивающим устройством отформованные образцы удаляются из матрицы, а затем снимаются.

При использовании тёплых асфальтобетонных смесей температуру нагрева матрицы и пуансонов уменьшают.

Использование предлагаемого виброимпульсного прессы для формирования асфальтобетонных образцов позволяет интенсифицировать процесс формирования асфальтобетонных образцов без разрушения крупных минеральных частиц, наблюдаемого в случае использования статического прессы. Обеспечить практически любые по величине и форме

вибрационные импульсы в зависимости от физико-механических характеристик асфальтобетонной смеси.

На характер колебаний вибрационной плиты, величину деформирования и скорость распространения волн деформаций в уплотняемой среде, а также эффективность виброимпульсного воздействия пуансонов на уплотняемые асфальтобетонные образцы значительное влияние оказывают инерционные, упругие и неупругие силы сопротивления, возникающие в результате взаимодействия формующих пуансонов с асфальтобетонной смесью. При этом величины возникающих инерционных, упругих и неупругих сил сопротивления существенно зависят от физико-механических характеристик смеси, толщины слоя асфальтобетонной смеси, диаметра формуемых асфальтобетонных образцов, режима вибрационного воздействия, частоты и амплитуды периодического виброимпульсного воздействия. При разработке реологической модели уплотняемой среды необходимо учитывать, что при каждом виброударном воздействии происходит пластическое деформирование поверхности слоя асфальтобетонной смеси, изменяются её физико-механические характеристики, т.е. изменяются плотность, динамический модуль упругой деформации, коэффициент динамической вязкости, коэффициент сопротивления и скорость распространения деформации в уплотняемом слое смеси [2]. В этом случае зависимость между напряжением и деформацией уплотняемой асфальтобетонной среды может быть в первом приближении описана следующим уравнением:

$$s(z, t) = E(t) \frac{\partial u(z, t)}{\partial z} + h(t) \frac{\partial^2 u(z, t)}{\partial z \partial t} + m(t) \cdot u(z, t), \quad (1)$$

где  $u$  и  $z$  – эйлерова и лагранжева координаты;  $E(t)$  – динамический модуль упругой деформации уплотняемой асфальтобетонной смеси;  $h(t)$  – коэффициент динамической вязкости смеси;  $m(t)$  – коэффициент сопротивления, учитывающий сцепление в асфальтобетонной смеси, затраты энергии на разрушение внутренних связей, вытеснение воздуха, переориентацию частиц и другие явления в уплотняемой среде, сопровождающие вибрационное уплотнение;  $t$  – медленно меняющийся параметр.

Динамический модуль упругой деформации  $E(t)$ , коэффициент динамической вязкости  $h(t)$  и коэффициент сопротивления  $m(t)$  асфальтобетонной смеси существенно зависят от её типа (мало-, средне- или многощелебенистая), плотности и температуры [2]. Для диапазона температур от 130 – 150<sup>0</sup> С, при котором обычно осуществляется укладка и уплотнение горячих асфальтобетонных смесей, зависимости динамического модуля упругой деформации  $E(t)$  и коэффициента сопротивления  $m(t)$  от относительной плотности



$$e = \frac{r - r_0}{r_k - r_0} \quad (2)$$

могут быть представлены в виде видоизменённых показательных функций, описанных в работе[2]:

$$E(t) = E_0 \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{\tau} + W \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{\tau} \frac{r - r_0}{r_k - r_0} \frac{z}{\tau} \frac{t}{\tau}, \quad (3)$$

$$m(t) = E_0 \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{\tau} + L \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{\tau} \frac{r - r_0}{r_k - r_0} \frac{z}{\tau} \frac{t}{\tau}, \quad (4)$$

где  $E_0, m_0$  – динамический модуль упругой деформации и коэффициент сопротивления неуплотненного асфальтобетонного слоя смеси при начальной плотности  $r_0$ , значения  $E_0 = 0,95; 1,1; 1,2$  МПа и  $m_0 = 24,4; 21,3; 18,4$  МПа/м принимаются соответственно для малоцебенистых, среднецебенистых и многоцебенистых асфальтобетонных смесей при температуре  $130 - 150^0$  С;  $r_k$  – значение плотности асфальтобетона в конце уплотнения (полученное стандартным методом уплотнения);  $r$  – текущая плотность асфальтобетона от начального  $r_0$  до конечного  $r_k$  значений плотности, зависит от интенсивности вибрационной нагрузки, прикладываемой в течение определенного времени;  $W, z, L, z$  – экспериментальные коэффициенты, принимаемые соответственно 10, 3, 0,92 и 2 [2].

Используя зависимости (1) – (4), можно перейти к определению основных параметров вибрационного пресса для формирования контрольных асфальтобетонных образцов.

В соответствии с приведенным описанием разработан вибрационный пресс для формирования асфальтобетонных образцов со следующими основными параметрами: масса вибропресса – 180 кг, мощность привода – 0,25 кВт, частота вынужденных колебаний – 2800 кол/мин; амплитуда виброимпульсных колебаний – 1,0...1,75 мм; количество одновременно формируемых образцов – 2.

### Выводы из данного исследования

Предложена конструкция вибрационного пресса для формирования контрольных асфальтобетонных образцов, работающего в виброимпульсном режиме. Вибрационный пресс имеет низкую энергоёмкость и металлоёмкость, обеспечивает качественное формирование асфальтобетонных образцов до значений, требуемых технологическими нормами.

### Литература

1. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов. – Харьков: Высш. шк., 1977.

2. Маслов А.Г., Пономарь В.М. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве. – Київ: Будівельник, 1985. – 128 с.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© А. Г. Маслов, С. В. Олейник

**УДК 624.04(075)**

*О. Г. Маслов, д.т.н., проф.,  
С. В. Олійник, аспірантка*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського*

## **РОЗРОБЛЕННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ПРЕСА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ**

*Описано конструкцію і принцип дії вібраційного преса для формування контрольних асфальтобетонних зразків. Наведено особливості віброімпульсного впливу на формований виріб та складено рівняння для опису пружно-в'язко-пластичної течії ущільнювального асфальтобетонного середовища. Дано коротку технічну характеристику вібраційного преса.*

**Ключові слова:** *вібраційний прес, асфальтобетонна суміш, зразок асфальтобетону.*

**UDC 624.04(075)**

*A.Maslov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
S.Oleynik, Post-graduate*

*Kremenchug National University named after Michael Ostrogradskiy*

## **THE DEVELOPMENT OF A VIBRATING PRESSES FOR MOULDING OF ASPHALT-CONCRETE DESIGNS**

*The design and principle of operation of vibrating the press for forming the control of asphalt samples. Given the peculiarities of vibroimpulse impact on formed product and the equation for the description of the elastic-visco-plastic flow sealing asphalt environment. Brief technical characteristics of the vibration of the press.*

**Keywords:** *vibration press, asphalt mix, sample of asphalt concrete.*