

УДК 621.762.4

Савелов Д. В.
Драгобецкий В. В.**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА
РАСПРЕДЕЛЯТЬ НАГРУЗКУ ПРИ ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПУАНСОНОМ
ВИБРАЦИОННОГО ПРЕССА**

Для производства изделий из металлических порошков с более высокой плотностью широко используются вибрационные методы. При осуществлении технологического процесса прессования происходит взаимодействие пуансона с металлическим порошком. При этом характер распределения усилия, которое передается от пуансона металлическим частицам порошка, определяет эффективность процесса прессования и качество получаемых изделий.

Предложенные методы описания характера распределения нагрузки в зернистых средах И. И. Кандауровым базируются на том, что взаимодействие отдельных частиц среды представлено в виде так называемой «кирпичной кладки», а прикладываемое усилие распределяется между элементами среды по законам теории вероятностей [1, 2, 3]. Вопросы распределения давлений в прессуемых порошковых телах описаны в трудах М. Ю. Бальшина, Г. М. Ждановича [4, 5] и других исследователей, которые в своих работах заложили фундаментальные основы прессования порошковых материалов. Эти исследования базируются на гипотезе о сплошности прессуемого порошкового тела. Данная работа направлена на дополнение и развитие существующих теоретических положений о распределительной способности порошковых сред, находящихся под действием рабочих органов формующих машин. В связи с этим представляет интерес рассмотрение такой модели распределения нагрузки в порошковой смеси, позволяющей в дальнейшем обоснованно представить характер распределения усилия по высоте прорабатываемого слоя порошка.

Целью работы является создание расчетной модели распределения нагрузки в порошке, позволяющей описать характер изменения вибрационной нагрузки в зависимости от толщины прессуемого слоя порошковой смеси.

Металлическая порошковая смесь представляет собой рыхлую сыпучую среду с различной геометрической формой и расположением металлических частиц, обладающих разной твердостью и шероховатостью. Такие тела называют сыпучими или порошковыми [5], поэтому при осуществлении технологического процесса прессования порошковых смесей на вибрационных прессах, где происходит взаимодействие пуансона с порошковой смесью, они обладают способностью распределять внешнюю нагрузку. В работе [5] Г. М. Ждановичем при изучении распределяющей способности порошка рассмотрен переход от полупространства к «эквивалентному конусу» бесконечной длины, конфигурация металлических частиц принималась простой, а изменение компонентов напряжений и интенсивности контактной нагрузки учитывается поправочными функциями. Однако же в действительности прессовки в пресс-форме имеют ограниченную высоту H . Поэтому для изучения изменения вибрационной нагрузки в порошковой смеси мысленно выделим из всего массива порошковой смеси элемент n , находящийся в пресс-форме под давлением прессования и содержащий частицы различной крупности, и рассмотрим его взаимодействие с рабочей поверхностью пуансона вибрационного пресса (рис. 1).

Теоретические исследования будем проводить для цилиндрического образца. По аналогии с работами [4, 5, 6] элемент n будем рассматривать в полупространстве. Это значит, что элемент n ограничен по высоте и не ограничен по ширине.

Поскольку порошковая смесь обладает распределяющей способностью [3–6], то естественно предположить, что интенсивность распределения вибрационной нагрузки на поверхности выделенного элемента n будет отличаться от интенсивности нагрузки в основании данного элемента. Будем считать, что характер распределения вибрационной нагрузки

в порошковой смеси в направлении прикладываемой нагрузки, будет определяться показателем δ . Значение показателя δ в первом приближении можно определить исходя из следующих соображений. Поскольку порошковая смесь обладает распределяющей способностью, то справедливо предположить, что распределение вибрационной нагрузки между металлическими частицами порошковой смеси имеет форму усеченного конуса с углом при вершине γ . Основываясь на данных, взятых в работах [6, 7], для проведения теоретических исследований, угол γ распределения вибрационной нагрузки в порошковой смеси принят в пределах $15-45^\circ$. По аналогии с рассуждениями, описанными в работах [5, 6, 7], для определения значения показателя δ в первом приближении условно представим распределение вибрационной нагрузки между металлическими частицами порошковой смеси в виде усеченного конуса высотой H , на вершине которого действует распределенная нагрузка от силы P_B , а нижнее основание радиусом R является площадкой контакта (рис. 2).

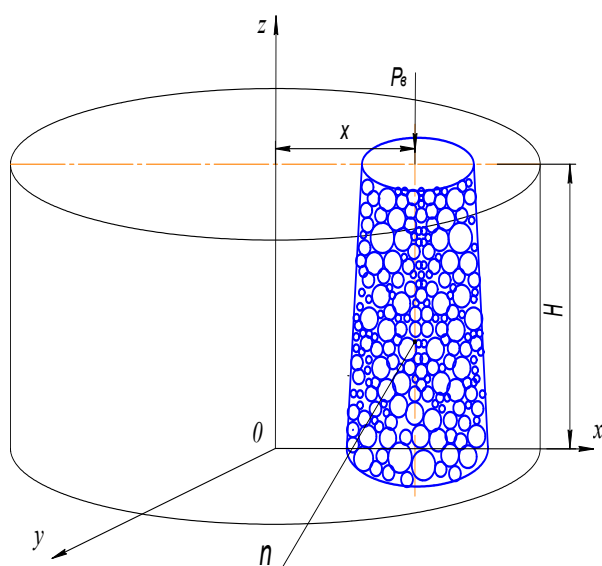


Рис. 1. Расчетная схема элемента n порошка для цилиндрической прессовки

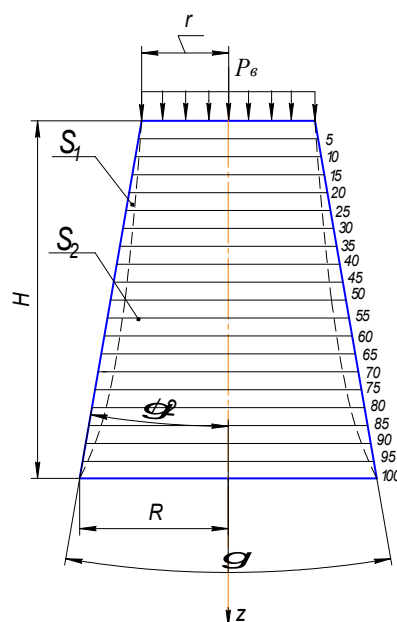


Рис. 2. Изменение образующих элемента n в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки γ и высоты слоя порошка H

В этом случае радиус основания R выделенного элемента n может быть найден из следующей зависимости:

$$R = r + H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right). \quad (1)$$

На рис. 2 сплошной линией показано изменение образующих нашего усеченного конуса в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки γ и толщины слоя H в направлении вибрационного воздействия. В этом случае площадь рассматриваемого усеченного конуса из порошка может быть найдена из зависимости:

$$S_1 = \pi \cdot (R + r) \cdot l, \quad (2)$$

где $l = \frac{H}{\cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$ – длина образующей усеченного конуса (рис. 2).

В этом случае выражение для определения площади S_1 примет вид:

$$S_1 = \pi \cdot \left(2 \cdot r + H \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right) \cdot \frac{H}{\cos \left(\frac{\gamma}{2} \right)}, \quad (3)$$

По аналогии с рассуждениями, приведенными в работах [6, 7], для определения показателя δ аппроксимируем выражение (1) зависимостью вида:

$$R = r \cdot e^{\delta x}. \quad (4)$$

В этом случае площадь нашего усеченного конуса может быть найдена по зависимости:

$$S_2 = \pi \cdot \left(r \cdot e^{\delta \cdot x} + r \right) \cdot \frac{H}{\cos \left(\frac{\gamma}{2} \right)}. \quad (5)$$

Приравняем выражения (2) и (5) и, проведя преобразования с учетом того, что $z = H$, найдем значение показателя δ в виде:

$$\delta = \frac{\ln \left(1 + \frac{H}{r} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right)}{H}. \quad (6)$$

Полученная зависимость имеет некоторое сходство с зависимостью, полученной в работах [6, 7]. Поэтому следуя аналогичным рассуждениям, определим значение показателя δ для крайней точки выделенного усеченного конуса n и, используя зависимость (3) покажем, как будет изменяться образующая усеченного конуса l в полупространстве в зависимости от сечения z_i слоя порошка H в направлении вибрационного воздействия. В этом случае с учетом того, что ось z принадлежит и полупространству, и усеченному конусу изменение площади усеченного конуса в направлении вибрационного воздействия будет иметь вид, показанный пунктирной линией на рис. 2.

Для уточнения показателя δ использовались численные положения метода последовательных приближений и последовательность, описанная в работах [6, 7]. В этом случае площадь нашего усеченного конуса n , взаимодействующего с пуансоном вибрационного пресса, может быть представлена в виде:

$$S_2' = \int_0^H r \cdot e^{\delta z} dz, \quad (7)$$

откуда, проведя преобразования, найдем:

$$S_2' = \frac{r \cdot (e^{\delta H} - 1)}{\delta}. \quad (8)$$

На рис. 3 показано, как изменяются образующие нашего усеченного конуса по координате z в направлении вибрационного воздействия при определении площади по уточненной зависимости (8).

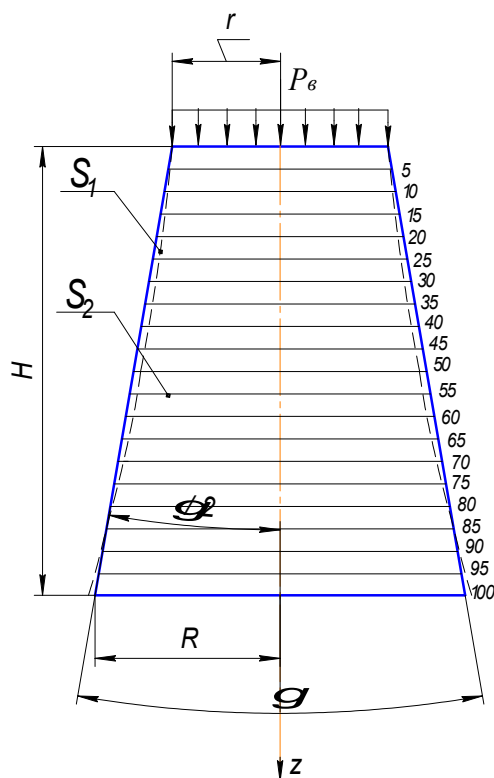


Рис. 3. Изменение образующих выделенного усеченного конуса в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки γ и толщины слоя H при определении площади S'_2 по уточненной зависимости

Анализируя выражение (6) можно сделать вывод, что на числовое значение показателя δ влияние оказывает принятый угол распределения вибрационной нагрузки γ в порошковой смеси, определяющий положение образующей усеченного конуса, и толщина слоя порошка H в направлении вибрационного воздействия z .

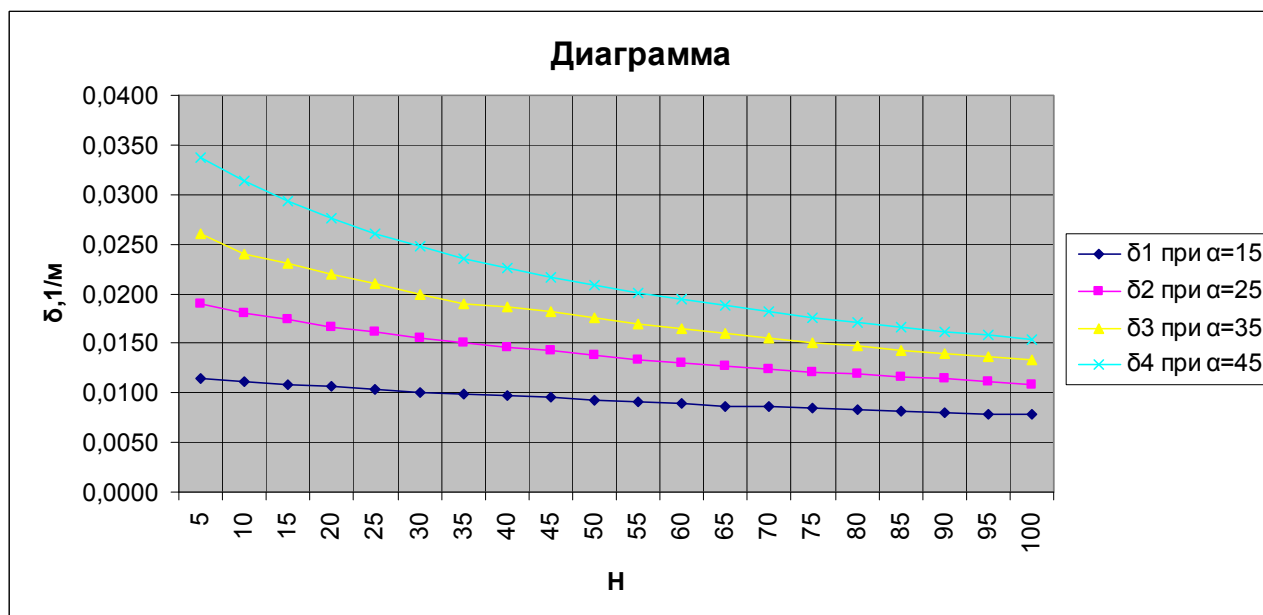


Рис. 4. Изменение значений показателя δ в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки γ и толщины слоя порошка в направлении вибрационного воздействия H

По теоретической зависимости (6) было найдено значение показателя δ при значениях угла распределения вибрационной нагрузки γ от 15° до 45° и толщине слоя порошка в направлении вибрационного воздействия H от 0,005 м до 0,1 м. Для расчета показателя δ разработана программа в среде MathCAD 11.

На рис. 4 графически показано, как изменяются числовые значения показателя δ в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки γ в порошке и высоты усеченного конуса H . Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод о том, что числовые значения показателя δ возрастают при увеличении угла распределения вибрационной нагрузки γ в порошковой смеси и уменьшается при увеличении высоты слоя усеченного конуса H в направлении вибрационного воздействия.

ВЫВОДЫ

По результатам выполнения детального анализа предыдущих теоретических исследований механики разрушения порошковых тел и их распределительной способности под действием внешнего нагружения была предложена более общая расчетная модель, которая дает возможность описать характер изменения вибрационной нагрузки, передаваемой от пуансона вибрационного пресса порошковой смеси. Получены теоретические выражения, которые позволяют учесть и объединить такие важные факторы, как вид и площадь выделенного элемента взаимодействия, находящегося под нагрузкой, угол распределения вибрационной нагрузки в порошковой смеси, толщина прессуемого слоя металлического порошка в направлении вибрационного воздействия. Найдены и уточнены с помощью метода последовательных приближений численные значения показателя распределения в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки в порошковой смеси и толщина прессуемого слоя металлического порошка в направлении вибрационного воздействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кипарисов С. С. *Порошковая металлургия* / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1980. – 496 с.
2. Кандауров И. И. *Механика зернистых сред и её применение в строительстве* / И. И. Кандауров. – 2-е изд., испр. и перераб. – Л. : Стройиздат, 1988. – 280 с. : ил.
3. Зеленин А. Н. *Машины для земляных работ : учебное пособие для вузов* / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М. : Машиностроение, 1975. – 424 с. : ил.
4. Бальшин М. Ю. *Научные основы порошковой металлургии и металлургия волокна* / М. Ю. Бальшин. – Металлургия, 1972. – 264 с.
5. Жданович Г. М. *Теория прессования металлических порошков* / Г. М. Жданович. – Металлургия, 1969. – 336 с.
6. Маслов А. Г. *Методика инженерного расчета основных параметров вибрационного рабочего органа грунтопрокалывающей установки* / А. Г. Маслов, Д. В. Савелов // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету : наукові праці КДПУ*. – 2004. – Вип. 6 (29). – С. 76–83.
7. Савелов Д. В. *Розробка вібраційного робочого органа грунтопроколюючої установки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Машины для земляних та дорожніх робіт»* / Савелов Д. В. – Полтава, 2004. – 21 с.

Савелов Д. В. – канд. техн. наук, доц. КрНУ им. М. Остроградского;
Драгобецкий В. В. – д-р техн. наук, проф. КрНУ им. М. Остроградского.

КрНУ им. М. Остроградского – Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг.

E-mail: savelov@viziit-net.com