

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСТРУЗИВНОМ ФОРМОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НЕ СКВОЗНЫМИ ПУСТОТНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ ИЗ ПОЛУСУХОЙ СМЕСИ

Джылкычиев А.И.¹, Бекбоев А.Р.², Арыкбаев К.Б.³, Джылкычиев М.К.⁴

¹Джылкычиев Аскарбек Исаевич - доктор технических наук, профессор,
кафедра архитектуры промышленных и гражданских зданий,

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина;

²Бекбоев Алтымыш Рысалиевич - кандидат технических наук, доцент,
кафедра организации перевозок и безопасности движения,

Кыргызский государственный технический университет им. И. Разакова;

³Арыкбаев Канатбек Байышбекович - старший преподаватель,
кафедра организации перевозок и управления на транспорте;

⁴Джылкычиев Мирлан Кубанычбекович - аспирант,
кафедра механики,

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова,

г. Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация: в данной статье приведено математическое моделирование физико-механических процессов, протекающих при экструзивном формовании строительных изделий не сквозными пустотными отверстиями, согласно разработанной расчетной схеме. Полученные уравнения позволяют, в зависимости от параметров смеси и геометрических размеров формуемого изделия, определить предельную высоту изделия при экструзивном формовании из полусухой смеси.

Ключевые слова: полусухое формование, строительные изделия, давление прессование, перепад напряжений по высоте формуемого изделия.

Экструзивное формование строительных изделий со сквозными пустотными отверстиями из полусухой смеси является принципиально новым, не исследованным способом полусухого формования стеновых строительных изделий. Особенность экструзивного способа формования строительных блоков из полусухой смеси заключается в том, что при формовании очередного изделия, в качестве опорной реакции, используется суммарная сила трения между отформованными изделиями на предыдущих циклах и стенками матрицы. Поэтому, суммарная сила трения между отформованными изделиями на предыдущих циклах и стенками матрицы, должна быть достаточна для обеспечения процесса формования очередного изделия, с требуемым удельным давлением прессования. Принципиальная новизна экструзивного способа формования строительных изделий из полусухой смеси предопределила необходимость исследования физико-механических процессов, протекающих при таком способе формования и оценки влияния параметров формуемой смеси и изделия на процесс формирования и стабилизации удельного давления прессования [1].

Для математического моделирования физико-механических процессов, протекающих при экструзивном формовании строительных изделий не сквозными пустотными отверстиями, разработана расчетная схема, которая представлена на рис. 1. В соответствии с представленной расчетной схемой, основными элементами оборудования для полусухого формования строительных изделий экструзивным способом формование являются: неподвижная матрица 1 с пустотообразователями 2 и прессующим пуансоном 3, подвижная матрица 4, установленная в направляющих 5 на одной оси с неподвижной матрицей 1 с возможностью возвратно-поступательного перемещения относительно неподвижной матрицы 1 и заслонку 6, устанавливаемую между неподвижным 1 и подвижным 4, матрицами в начале процесса формования, пока полость подвижной матрицы 4 не заполнится отформованными изделиями 7.

При математическом моделировании процесса экструзивного формования строительных изделий из полусухой смеси, было принято допущение о том, что сопротивление по мере перемещения отформованных изделий внутри подвижной матрицы 4 не изменяется и остается постоянным.

В процессе экструзивного формования строительных изделий из полусухой смеси, давление прессования, приложенное к уплотняемой смеси, независимо от его значения, передается по оси прессования от слоя к слою уплотняемой смеси за вычетом потери на трение между стенками матрицы с пустотообразователями и уплотняемой смесью.

В соответствии с вышеизложенным положением и расчетной схемой, представленной на рис. 1 баланс сил, действующих на формуемое строительное изделие в процессе его формования можно записать в следующем виде

$$P_n = P_k + P_{тр}, \quad (1)$$

где P_n – усилие прессования, приложенное к смеси со стороны прессующего пуансона; P_k – опорная реакция на заслонке, установленного между неподвижным и подвижным матрицами; $P_{тр}$ – суммарная сила трения между формуемой смесью и стенками матрицы с пустотообразователями.

Усилие прессования, приложенное к смеси со стороны прессующего пуансона, определяется давлением прессования и геометрическими размерами формуемого изделия. В свою очередь давление прессования определяется технологическими требованиями, регламентирующее возможность получения строительного изделия с требуемыми прочностными характеристиками.

$$P_n = q_n (F_1 - n F_2), \quad (2)$$

$$F_1 = a b, \quad (3)$$

где q_n – давление прессования со стороны прессующего пуансона; F_1 – площадь поверхности формуемого изделия на которую воздействует усилие прессования; a и b – соответственно ширина и длина формуемого изделия; n – количество пустотообразователей в одном изделии; F_2 – площадь поперечного сечения пустотообразователя;

$$F_2 = c d + 0,25 \pi d^2 \quad (4)$$

где c – длина четырехгранной части поперечного сечения пустотообразователя; d – диаметр круглой части поперечного сечения пустотообразователя.

Усилие, воспринимаемое заслонкой, определяется выражением

$$P_k = q_k (F_1 - n F_2), \quad (5)$$

где q_k – удельное давление, воспринимаемое заслонкой.

Суммарную силу трения между уплотняемой смесью и стенками матрицы с пустотообразователями, можно определить, как произведение давления прессования на середине высоты формуемого изделия на площадь боковой поверхности изделия, контактирующая со стенками матрицы и пустотообразователями, с учетом коэффициентов бокового распора и трения [2].

$$P_{тр} = 0,5 (q_n + q_k) (F_3 + n F_4) k_б \mu, \quad (6)$$

где F_3 – площадь боковой поверхности формуемого изделия, контактирующая со стенками матрицы; F_4 – площадь боковой поверхности пустотообразователя, контактирующая с формуемым изделием; $k_б$ – коэффициент бокового распора уплотняемой смеси; μ – коэффициент трения уплотняемой смеси об стенки матрицы и пустотообразователей.

Площадь боковой поверхности формуемого изделия, контактирующая со стенками матрицы, определяется как произведение периметра изделия на его высоту.

$$F_3 = 2 (a + b) h_{из} \quad (7)$$

где $h_{из}$ – высота формуемого изделия;

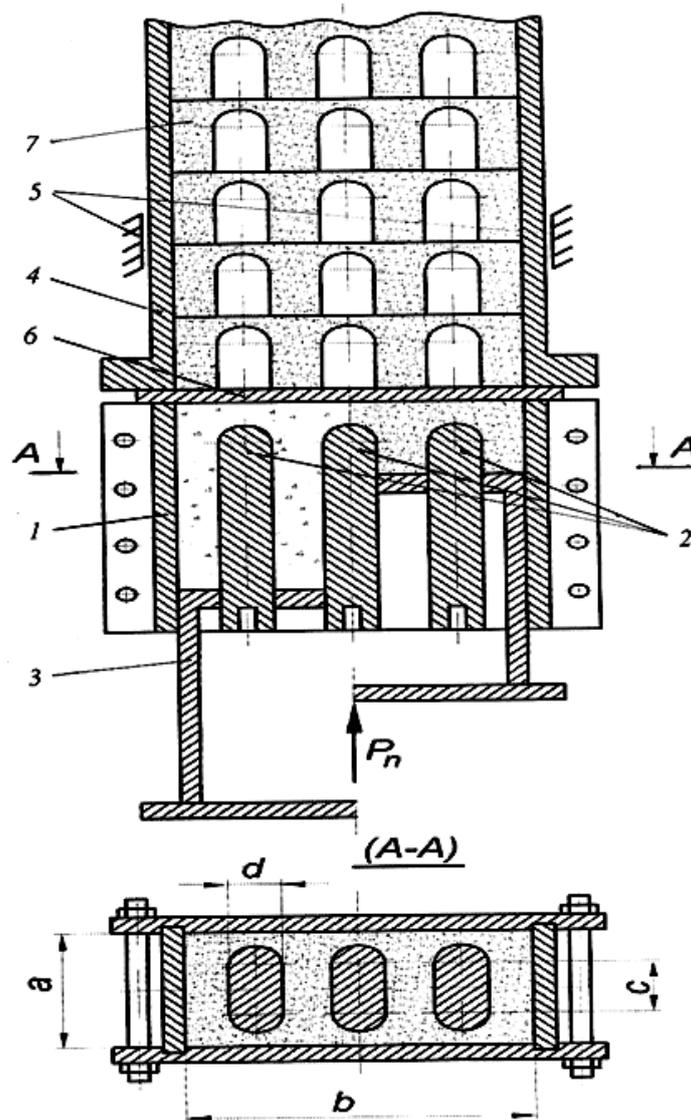


Рис. 1. Расчетная схема экструзивного способа формования стеновых строительных изделий из полусухой смеси

Площадь боковой поверхности пустотообразователя, контактирующая с формуемым изделием, определяется как произведение периметра поперечного сечения пустотообразователя на высоту формуемого изделия

$$F_4 = (c d + 0,25 \pi d^2) h_{из}, \quad (8)$$

Подставив уравнения (2), (4) и (5) в уравнение (1) проведя соответствующие преобразования, а затем решив относительно q_k получим зависимость изменения давления на заслонке от параметров смеси и геометрических параметров формуемого изделия

$$q_k = \frac{q_n 2 (F_1 + 2 n F_2) - (F_3 k_{\sigma} \mu + n F_4) k_{\sigma} \mu}{2 (F_1 - 2 n F_2) + (F_3 + n F_4) k_{\sigma} \mu} \quad (9)$$

Подставив в уравнение (9) уравнение (6), получим значение давления необходимое для преодоления силы трения формуемого изделия об стенки матрицы с пустотообразователями или давление, необходимое для выпрессовки отформованного изделия в напряженном состоянии

$$q_{mp} = \frac{2 q_n (F_3 + n F_4) k_{\sigma} \mu}{2 (F_1 - n F_2) + (F_3 + n F_4) k_{\sigma} \mu} \quad (10)$$

Если усилие прессования представить в виде единичной силы, то для оценки его распределения на усилие, затрачиваемое на уплотнение формуемой смеси и на усилие, затрачиваемое на преодоление силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы с пустотообразователями, уравнение (1) можно записать в виде.

$$1 = \frac{q_n [2(F_1 + n F_2) - (F_3 k_{\delta} \mu + n F_4) k_{\delta} \mu]}{2(F_1 - n F_2) + (F_3 + n F_4) k_{\delta} \mu} + \frac{2 q_n (F_3 + n F_4) k_{\delta} \mu}{2(F_1 - n F_2) + (F_3 + n F_4) k_{\delta} \mu}. \quad (11)$$

Уравнение (11) показывает, влияние параметров смеси и геометрических размеров формуемого изделия, на распределение единичного усилия прессования на усилие, затрачиваемое на процесс уплотнение смеси (первое слагаемое правой части уравнения) и на усилие, затрачиваемое на преодоление силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы с пустотообразователями (второе слагаемое правой части уравнения).

При экструзивном формовании изделия из полусухой смеси имеет место одностороннего прессования, поэтому противоречие между стремлением повышения высоты формуемого изделия, с одной стороны и, обеспечение допустимого перепада напряжений с другой стороны, вызывает к необходимости нормирования перепада напряжений в процессе экструзивного формования изделия из полусухой смеси. Для этого, задавшись значением допустимого перепада напряжений по высоте формуемого изделия, определяем предельную высоту формуемого изделия. Например, если перепад напряжений по высоте формуемого изделия принять равным x , то для определения предельной высоты, соответствующего такому значению перепада напряжений необходимо первое слагаемое правой части уравнения (10) приравнять к x и решить полученное уравнение относительно высоты формуемого изделия $h_{из}$.

$$h_{из} = \frac{(2 - 2x)(F_1 + n F_2)}{(1 + x)[2(a + b) + c d n + 0,25 \pi d^2 n] k_{\delta} \mu}, \quad (12)$$

Аналогичное значение предельной высоты формуемого изделия при заданном перепада напряжений, если второе слагаемое правой части уравнения (10) приравнять к $(1 - x)$ и решить уравнение относительно высоты формуемого изделия $h_{из}$.

$$h_{из} = \frac{2x(F_1 + n F_2)}{(2 - x)[2(a + b) + c d n + 0,25 \pi d^2 n] k_{\delta} \mu} \quad (13)$$

Таким образом, полученные уравнения (1) – (11) описывают физико-механические процессы, протекающие при экструзивном формовании строительных изделий с не сквозными пустотными отверстиями из полусухой смеси, а уравнения (12) и (13) позволяют, в зависимости от параметров смеси и геометрических размеров формуемого изделия, определить предельную высоту изделия при экструзивном формовании из полусухой смеси. При этом, если приравнять уравнения (12) и (13) между собой и решить относительно x , то получим значение перепада напряжений по высоте формуемого изделия при которой давление прессования, затрачиваемое на уплотнение формуемой смеси, будет равно давлению прессованию, затрачиваемое на преодоление силы трения между изделием и стенками матрицы с пустотообразователями.

Список литературы

1. Джылкчиев А.И., Бекбоев А.Р. и Кыдыралиев М.С. Устройство полусухого прессования керамических изделий. Патент КГ № 110. опубл. 30.08.2010. Бюл. № 8.
2. Джылкчиев А.И. Технология и оборудование для производства изделий полусухим способом формования. Бишкек, 2001. 245 с.