
**АНАЛИЗ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ
В ШНЕКОВОМ ИСПОЛНИТЕЛЬНОМ ОРГАНЕ
ПРИ ЭКСТРУЗИОННОМ ФОРМОВАНИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Д. О. Байджанов, д.т.н., проф.,
С. Р. Сихимбаев, к.т.н., доцент

Карагандинский государственный технический университет

В статье установлены зависимости, определяющие силовые, кинематические параметры, а также выходные показатели, происходящие в шнековом исполнительном органе. Для более детального рассмотрения транспортировки бетонной смеси внутри кожуха экструзионной машины процесс условно разбит на 3 зоны (приемная или питательная, камера уплотнения и выходная камера). Исходя из основного технологического назначения прессово-транспортирующего и прессующего органа (получение смеси заданной плотности), авторами принят оптимальный критерий оценки параметров степени уплотнения бетонной смеси.

Определены силы и установлены оптимальные величины сил, вытесняющие смесь из одной зоны в другую. Анализ и расчет приведенных сил дают возможность установления величины крутящего момента на валу шнека для обеспечения условий уплотнения и транспортировки смеси. Авторами разработаны и предложены формулы, позволившие определить мощность привода экструзионной машины для формования строительных изделий.

Ключевые слова: шнек, экструзия, прессующий орган, степень уплотнения, мощность привода.

— — —

Мақалада күштік және кинематикалық параметрлерді анықтайтын тәуелдіктер, сонымен қатар шнектің атқару органдарында болатын шығу көрсеткіштері белгіленген. Экструзиялық машинаның қаптамасының ішінде бетон қоспасын тасымалдауды неғұрлым жан-жақты қарастыру үшін процесс шартты түрде 3 аймаққа бөлінген (қабылдау немесе қоректену, тығыздау камерасы және шығу камерасы). Авторлар баспақтау-тасымалдау және баспақтау органдарының (берілген тығыздықтағы қоспаны алу) негізгі технологиялық тағайындауына байланысты бетон қоспасын тығыздау дәрежесінің параметрлерін бағалаудың оңтайлы критерийлерін қабылдады. Күштер анықталды және қоспаны бір аймақтан басқа аймаққа ығыс-

тыратын күштердің оңтайлы шамасы белгіленді. Келтірілген күштерді талдау мен есептеу қоспаны тығыздау мен тасымалдау жағдайын қамтамасыз ету үшін шнек білігіне айналу моментінің шамасын белгілеу мүмкіндігін береді. Авторлар құрылыс бұйымдарын қалыптау үшін экструзиялық машина жетегінің қуатын анықтауға мүмкіндік беретін формулаларды әзірлеп, ұсынды.

Түйінді сөздер: шнек, экструзия, қыспалы (нығыздалған) бөлшек, дәреженің ығыздалуы, жетек қуаттылығы.

— — —

The article set out the dependencies that define the force, kinematic parameters and output parameters occurring in the screw actuating element. For a more detailed review of the concrete-mix transportation inside the casing of extrusion machine the process is divided into three areas (reception, or feeding chamber, seal chamber and the discharge chamber). Based on the basic technological purpose the compression-and-transportation and the pressing body (getting a mixture of a given density), the authors adopted the best criterion for assessing the parameters of the degree of compaction of the concrete mix. Forces are defined and their optimal magnitude of the forces, displacing the mixture from one zone to another is established. Analysis and calculation of the above forces allow establishing the torque on the shaft of the auger to provide conditions for sealing and transportation of the mixture. The authors have developed and proposed formulae which allowed determining the driving power of the extrusion molding machine for building units.

Key words: Screw, extrusion, pressing body, compaction degree, the power of torque.

Традиционные технологии (агрегатно-поточная, конвейерная) изготовления многопустотных плит перекрытий являются трудоемкими и металлоемкими, удельная металлоемкость форм которых составляет 1,1-1,8 т/м. Вследствие этого большой интерес вызывает опыт производства железобетонных конструкций методом непрерывного формования на длинных стендах. Данная технология позволяет изготавливать различные конструкции, железобетонные изделия, сечения которых неизменны по длине. В большинстве случаев это преднапряженные панели перекрытий и покрытий. В качестве продольной рабочей арматуры применяется напрягаемая, высокопрочная проволока или семипроволочные канаты, натягиваемые механическим способом. Особенностью данной технологии является то, что на линейном стенде с помощью формовочной машины, начиная с одного конца стенда, постепенно бетонируется полоса заданного постоянного сечения длиной 100-200 м.

Метод непрерывного формования позволяет получать хорошо уплотненный и однородный бетон в изделиях, чистые формуемые поверхности конструкций, что исключает необходимость дополнительной отделки поверхности перекрытий. Кроме того, для данной технологии характерны высокая механизация формовочного процесса, металлоемкость выпускаемой продукции и стенда и более низкая трудоемкость в целом.

К важным преимуществам технологии безопалубочного формования относятся универсальность комплекта технологического оборудования, возможность выпуска одним цехом широкой номенклатуры изделий без дополнительных трудозатрат, без увеличения металлоемкости производства и удельных капиталовложений.

Машины экструзионного действия благодаря винтообразной конструкции своих рабочих органов, уплотняющих бетон формуемой плиты одновременно по всему сечению, позволяют изготавливать плиты с пустотами различной формы.

Назначение прессово-транспортирующего органа машины для экструзионного способа формования строительных изделий заключается в перемещении и уплотнении бетонной смеси и получении бетона с заданными физико-механическими свойствами. Основной при этом является плотность бетонной смеси, величина которой значительно превышает плотность исходной бетонной смеси.

Экструзия – один из наиболее перспективных и быстро развивающихся способов. В экструдерах осуществляются процессы гомогенизации, дегазации и обезвоживания, пластикация и желатинизации, профилирования и формования самых разнообразных изделий.

Основное отличие экструзионного способа определяется двумя технологическими операциями: транспортировкой и уплотнением смеси ее к месту формования и ее уплотнением. Естественно предположить при этом, что эти две операции могут быть объединены в одном элементе, что значительно упрощает конструктивную схему машины в целом, повышает производительность технологического процесса и положительно сказывается на себестоимости изделия [1-3].

Шнековые механизмы представляют собой механизм с винтовой поверхностью, расположенной в кожухе. Такое исполнение механизма при соблюдении непрерывности технологического процесса позволяет транспортировать бетонную смесь на достаточное расстояние при сравнительно небольшой степени уплотнения материала. Поэтому необходимо установить зависимости, определяющие силовые, кинематические параметры, а также выходные показатели, происходящие в шнековом исполнительном органе.

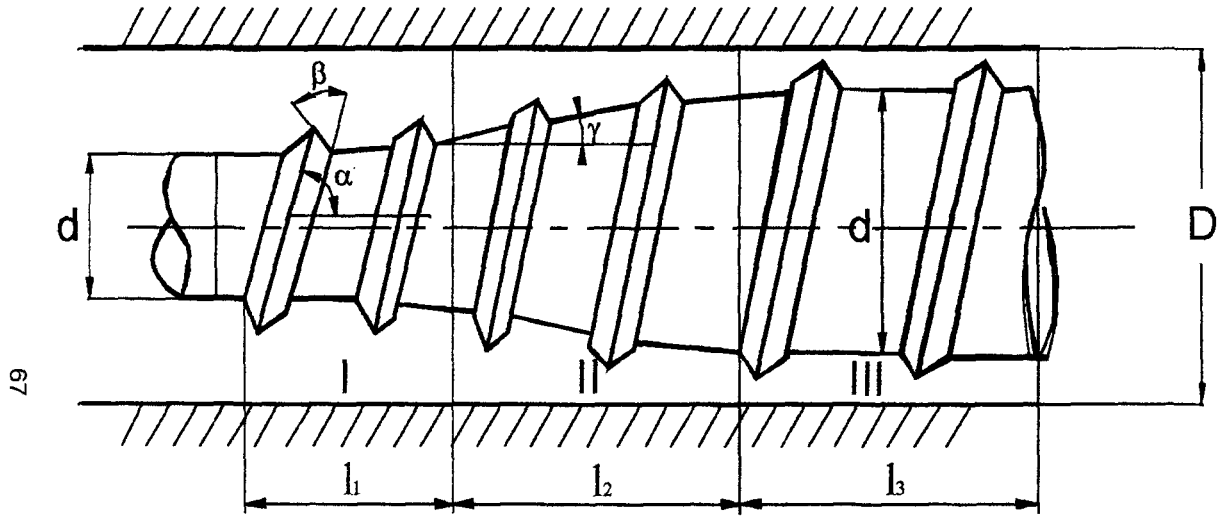
Исходя из основного технологического назначения пресово-транспортирующего и прессующего органа (получение смеси заданной плотности), примем в качестве критерия оценки параметров степень уплотнения бетонной смеси:

$$K_{yn} = p/p_0, \quad (1)$$

где p – плотность бетонной смеси при выходе из экструдера;
 p_0 – плотность бетонной смеси при выходе в естественном состоянии (до уплотнения).

Для уточнения степени уплотнения рассмотрим конструкцию пресово-транспортирующего элемента, приведенного на рис. 1. Рабочая зона исполнительного органа может быть разделена на 3 камеры. Приемная камера предназначена для перемещения исходной бетонной смеси из бункера и передвижения ее до границы камеры уплотнения. Участок шнека, расположенный внутри камеры, имеет диаметр d_1 , наклонен под углом β и имеет n_1 витков с шагом t_1 . Внутри камеры бетонная смесь транспортируется равномерно и подвергается предварительному уплотнению.

При проходе бетонной смеси через камеру уплотнения переменного сечения смесь получает дополнительное уплотнение до требуемой плотности за счет спирали шнека с числом витков n_2 , шагом t_2 , расположенной на поверхности вала шнека, наклоненной под углом γ . Выходная камера с диаметром вала шнека d_2 служит для перемещения уплотненной смеси в зону формования и обеспечения заданной силы выталкивания смеси. Ее сечение определяет скорость выдавливания смеси и тем самым технологическую производительность в целом.



67

Рис. 1. Конструкция прессово-транспортирующего элемента: I, II, III – приемная (питательная), камера уплотнения и выходная камера (камера заключительной операции); d_1 и d_2 – диаметры шнека; D – диаметр кожуха; l_1 , l_2 , l_3 – длина соответствующих камер; α , β , γ – углы наклона и заострения витка и наклона уплотняющей бетонную смесь части

Таким образом, уплотнение бетонной смеси происходит при постоянном ее возрастании и степень уплотнения может быть определена из соотношения

$$K_{yn} = S_1/S_3, \quad (2)$$

где S_1 и S_3 – соответственно площади сечений приемной и выходной камер.

$$S_1 = p/4(D^2 - d_1^2); \quad S_3 = p/4(D^2 - d_2^2). \quad (3)$$

При использовании основных исходных положений необходимо провести исследования рабочих процессов, протекающих в каждой камере.

Распределение сил на шнеке и кожухе при прохождении смеси через приемную камеру приведено на рис. 2.

Основное влияние на величину силы предварительного уплотнения оказывает внутреннее давление в исходном со-

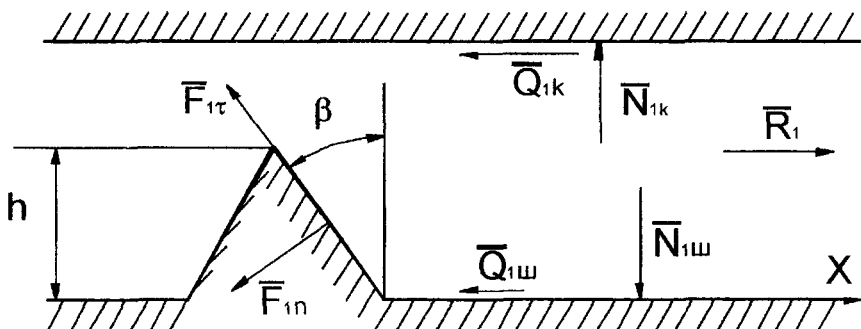


Рис. 2. Расчетная схема сил в приемной камере: h – высота винта; $F_{1\tau}$, F_{1n} – касательные и нормальные силы давления бетонной смеси на винтовую поверхность; Q_{1k} , $Q_{1ш}$ – касательные силы давления бетонной смеси на поверхности кожуха и на валу шнека; N_{1k} , $N_{1ш}$ – нормальные силы давления бетонной смеси на поверхности кожуха и на валу шнека; R_1 – осевая сила выталкивания смеси из камеры I в камеру II

стоянии. При увеличении геометрических размеров эта сила растет пропорционально. Что касается угла наклона β , то его величина должна быть исследована на экстремум.

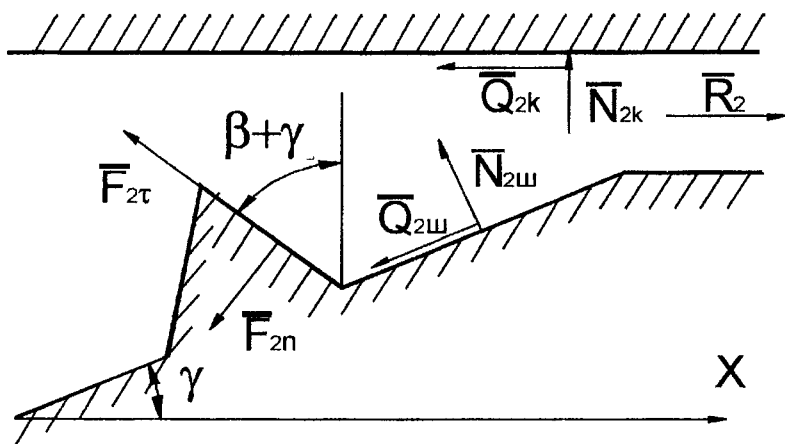


Рис. 3. Расчетная схема сил в камере уплотнения: $F_{2\phi}$, F_{2n} – соответственно касательные и нормальные силы давления бетонной смеси на поверхности витка шнека; $Q_{2ш}$, $Q_{2к}$ – касательные силы давления бетонной смеси на поверхность вала шнека и на поверхность кожуха; $N_{2ш}$, $N_{2к}$ – нормальные силы давления бетонной смеси на поверхность вала шнека и на поверхность кожуха; R_2 – сила выталкивания бетонной смеси из камеры II в камеру III

Распределение сил, действующих на шнек и кожух, представлено на рис. 3. При этом имеется в виду, что бетонная смесь в камере предварительно уплотнена за счет осевой силы R_1 на границе двух камер I и II.

Рассмотренные силы, действующие на шнек и кожух, определяют силу выталкивания бетонной смеси из камеры II в камеру III (сила R_2). Ее величина определяется из условия равномерного движения бетонной смеси:

$$\Sigma F_{kx} = 0;$$

$$R_2 + N_{1\text{ш}} \sin \gamma - Q_{1\text{ш}} \cos \gamma - F_{2\text{ш}} \cos(\gamma + \beta) - F_{2\text{ш}} \sin(\gamma + \beta) - Q_{2\text{ш}} = 0. \quad (4)$$

Сила выталкивания бетонной смеси из камеры уплотнения R_2 , определяет давление бетонной смеси на элементы шнека и кожух в выходной камере:

$$P_3 = R_2 / S_3, \quad (5)$$

где $S_3 = \pi/4(D^2 - d_2^2)$ – площадь сечения выходной камеры.

Анализ и расчет приведенных выше сил дают возможность установления величины крутящего момента на валу шнека для обеспечения условий уплотнения и транспортировки смеси.

Для определения установленной мощности привода шнека необходимо установить зависимость его скорости вращения w от требуемой скорости истечения бетонной смеси v из выходной камеры. С учетом принятых допущений имеем:

$$v = n t_3, \quad (6)$$

где $n = \pi n / 30$ – число оборотов в минуту вала шнека.

Отсюда:

$$w = \pi v / 30 t_3, \text{ с}^{-1}, \quad (7)$$

Полученные выражения (6) и (7) позволяют определить величину установленной мощности привода шнека (8):

$$N_{\text{уст}} = M_{\text{кр}} w, \quad (8)$$

Таким образом, в результате аналитических исследований рабочих процессов установлены выражения, определяющие силовые, кинематические параметры, а также выходные показатели, происходящие в шнековом исполнительном органе. Предлагаемый к публикации материал прошел достаточную апробацию на экспериментальном образце экструдера-гранулятора и нашел достаточную сходимость аналитических и экспериментальных результатов.

Литература

1. *Байджанов Д. О.* Экструзионная технология бетона. - Караганда: КарГТУ, 2001. - 165 с.
2. *Байджанов Д. О., Смирнов Ю. М.* Оптимизация параметров формования бетонных изделий // Тр. Караганд. ун-та. - Караганда, 2000. - Вып. 2.
3. *Байджанов Д. О., Сихимбаев С. Р., Рахимов М. А., Юрченко В. В.* Проблемы механической активации строительных материалов // Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан - 2030»: Матер. XII Междунар. науч. конф. - 2009. - Т. 2. - С. 317-319.