

Курбатов В.Л., д-р экон. наук, проф.,
Комарова Н.Д., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
(Северо-Кавказский филиал)

ДИСПЕРСНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ СМЕСИ, ИХ ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЯРНОГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

natalia.komarova.2014@mail.ru

В пространстве и во времени структура любого материала непрерывно претерпевает изменения, этому, в частности, способствуют постоянное движение элементарных частиц, атомов, молекул, взаимодействие материала с окружающей средой. К примеру, почти все строительные материалы и их сырьевые смеси, по крайней мере, на микроуровне, представляют собой микрогетерогенные дисперсные системы, состоящие нескольких фаз, к числу которых относится жидкая составляющая. Характер структуры таких систем во многом определяется характером и величиной связей или сил сцепления между структурными элементами (микрочастицами, зёрнами и т.д.). В зависимости от характера этих связей в дисперсных системах выделяют прочные фазовые контакты в конденсационных или кристаллизационных структурах дисперсных материалов, непосредственные атомные контакты в сухих порошках и сравнительно слабые силы молекулярного взаимодействия, действующие между частицами через прослойки жидкой фазы, в коагуляционных структурах. Помимо рассмотренных выше видов взаимодействий и соответствующих структур необходимо выделить такие важные взаимодействия, как капиллярные, проявляющиеся в трехфазных (твёрдое – жидкость – газ) дисперсных системах, к которым относится, к примеру, большинство сырьевых (бетонных, растворных, силикатных и т.п.) смесей для изготовления строительных композиционных материалов.

Ключевые слова: дисперсные системы, структурообразование, межчастичное взаимодействие, влажность, зона контакта.

При длительном нахождении дисперсной системы во влажном воздухе или введении в нее жидкости в достаточном количестве, после образования адсорбционных слоев максимальной толщины жидкость накапливается в зазорах между частицами и удерживается там силами поверхностного натяжения, образуя жидкостную «манжету», ограниченную мениском двоя-

кой кривизны. Появление менисков в зонах контакта между частицами порождает в дисперсной системе в дополнение к перечисленным силам межчастичного взаимодействия еще одну систему сил, обусловленных поверхностным натяжением жидкости и капиллярным давлением (рис. 1).

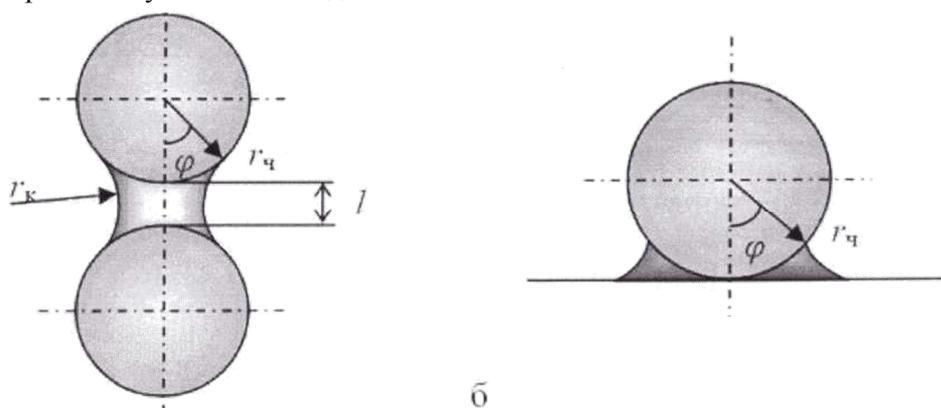


Рис. 1. Образование капиллярного мениска: между двумя сферическими частицами (а); между сферической частицей и плоскостью (б)

Структурообразование в дисперсных системах есть результат проявления и баланса сил межчастичного взаимодействия: межмолекулярных, электрических, капиллярных. Хотя исследованию слипания частиц (аутогезии) в дисперсных системах посвящено большое количе-

ство работ, вопросы, относящиеся к типу структурных элементов и структур в результате доминирующей роли сил капиллярного сцепления в структурообразовании, изучены неполномерно.

Многочисленные исследования увлажненных дисперсных систем, например, песчаных грунтов [1], показывают, что в широком диапазоне изменения влажности от нуля до перехода системы в текучее, близкое к двухфазному

«твердое – жидкость», состояние наблюдается сложный, похожий на синусоидальный характер зависимости основных физико-механических свойств от влажности (рис. 2).

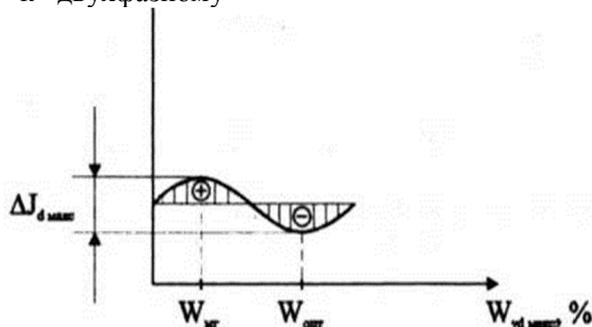


Рис. 2. Обобщенный характер зависимости физико-механических свойств дисперсных систем от влажности (J_d – коэффициент относительной плотности дисперсного грунта)

При этом «плюсовой» или «минусовой» экстремумы на этих графиках зависят от определяемого свойства: насыпная плотность или насыпной объем, плотность после определенного уплотнения, различные прочностные характеристики и т.д. Положение первого экстремума по данным разных авторов в грунтоведении связывается, в зависимости от применявшихся методик, либо с влажностью максимальной гигроскопичности, либо с влажностью максимальной молекулярной влагоемкости. При этом для аналогичной зависимости плотности уплотненных и свободноуложенных дисперсий на основе молотого кварцевого песка наличие первого экстремума объясняется расклинивающим действием пленок воды, находящихся на частицах системы, а роль капиллярных сил проявляется в самоуплотнении системы при дальнейшем увеличении влажности.

Данные по измерению разрывной прочности модельных систем из кварцевого песка различной дисперсности, при влажности, близкой к влажности максимальной гигроскопичности, либо максимальной молекулярной влагоемкости, и соответствующей среднестатистическому моменту завершения образования адсорбционных слоев и скачкообразному переходу жидкости от пленочного к объемному состоянию капиллярное сцепление в дисперсной системе имеет наибольшую величину и при этом более чем на два порядка превышает суммарный вклад других сил межчастичного взаимодействия [2]. Разрыхление и уменьшение насыпной плотности дисперсных систем после увлажнения с последующим перемешиванием происходит в результате образования агрегатов из частиц, соединенных силами капиллярного сцепления. Минимальная насыпная плотность дисперсных систем

в пересчете на сухое вещество достигается при влажности соответствующей максимальной капиллярному структурообразованию, что, в свою очередь, может служить признаком наибольшего развития этого практически важного процесса.

Второй экстремум, который для грунтоведов важен с точки зрения достижения максимальной плотности грунта при его уплотнении, обеспечивает обводнение системы и перевод ее в двухфазное состояние, и, соответственно, резкое снижение величины структурообразующих, прежде всего капиллярных, сил при минимальной пористости.

В работах по изучению влияния влажности сырьевых смесей на свойства строительных прессованных композитов [4], показано, что в полидисперсных системах, состоящих из грубодисперсного заполнителя и тонкодисперсного вяжущего при влажности, соответствующей максимуму насыпного объема или минимуму насыпной плотности смеси, после соответствующего уплотнения достигается максимальная прочность свежеформованных и готовых изделий. Данный факт объясняется оптимальной структурой смеси, характеризующейся максимальным сосредоточением частиц вяжущего на поверхности зерен заполнителя под действием сил капиллярного сцепления. Эта первоначальная структура затем в основных чертах наследуется строительным композитом, проходя через стадию (по Ю.М. Баженову) последующего «укрепления» структуры в результате твердения материала.

Выявленный характер капиллярного структурообразования в сырьевых смесях строительных композитов объясняется тем, что появление капиллярных менисков и возникновение сил

капиллярного сцепления между тонкодисперсными и грубодисперсными частицами, значительно превышающих по своей величине капиллярные силы между частицами одинакового размера (сила капиллярного сцепления между шаром и плоскостью, в качестве которой можно представить поверхность грубодисперсной частицы, по расчетам примерно в два раза больше силы капиллярного сцепления между двумя шарообразными частицами одинакового диаметра, причем это соотношение возрастает по мере заполнения жидкостью контактной зоны), приводит к наиболее важному процессу капиллярного структурообразования – преимущественному прилипанию тонкодисперсных частиц к грубодисперсным с образованием агрегатов-глобул. К примеру, в сырьевых смесях для производства строительных композиционных материалов, в результате процессов капиллярного структурообразования и наиболее важного из них – глобулирования, концентрация вяжущего вещества у поверхности заполнителей и в контактных зонах между ними выше средней концентрации в смеси. В этом одна из причин увеличения прочности и плотности материалов в указанных зонах. Более полное использование гидратационной и

связующей активности вяжущего в прессованных строительных композитах (силикатный и бетонный кирпич полусухого прессования и т.п.) достигается на стадии приготовления сырьевых смесей при влажности, соответствующей их максимальному глобулированию. В этом случае жидкая фаза играет роль усиливающего компонента, упрочняя материал за счет перевода матричного цементирующего вещества из объемного состояния в пленочное с более высокими прочностью и структурированностью [3]. Если для дисперсных систем и материалов определяющими являются контактные взаимодействия, характер и величина которых обуславливают соответствующий тип структуры (эффект поверхностей), то для грубозернистых систем наибольшее значение имеют закономерности укладки в зависимости от размеров и формы зерен (эффект масс) [1].

На рисунке 3 приведен макроснимок увлажненного кварцевого песка. Влажность системы составляет порядка 5–6 % по массе. На снимке видно капиллярное взаимодействие мелких частиц песка с крупными. «Прилипшие» частички образуют агрегаты-глобулы, которые в свою очередь строят «арочные» структуры.

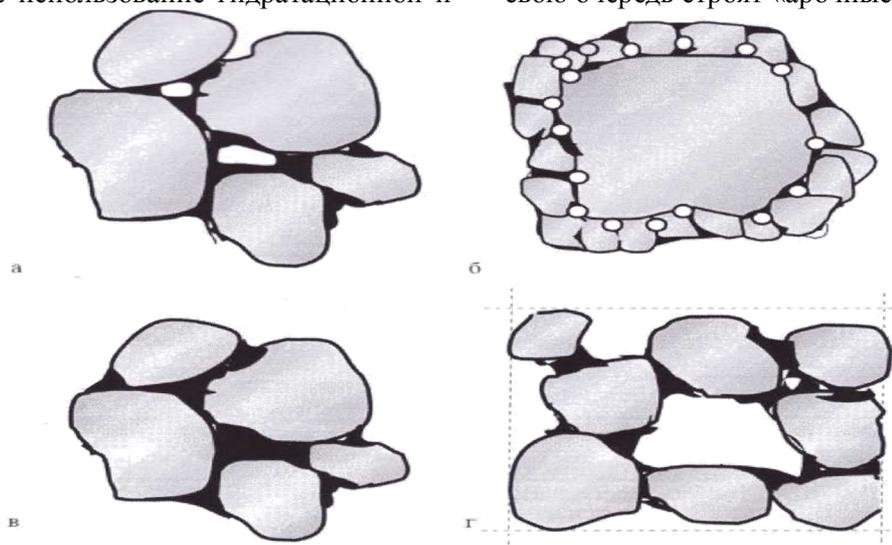


Рис. 3. Капиллярные структуры в дисперсных системах:

а – трехфазная гранула; б – трехфазная глобула; в – двухфазная гранула; г – ячеисто-глобулярная структура

Установление механизма действия капиллярного сцепления позволит оптимизировать и прогнозировать влияние влажности на плотность, связность, реологические и формовочные свойства порошкообразных строительных смесей. Это открывает возможность управления технологическими свойствами сырьевых композиций в производстве бетонных, силикатных, керамических и других строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потапов А.Д., Платов Н.А., Лебедева М.Д. Песчаные грунты: Научное издание. М.: Издательство АСВ, 2009. 256 с.
2. Белов В.В. Капиллярное структурообразование в дисперсных системах, применяемых для производства строительных материалов // Известия Вузов. Строительство. 2002. №9. С. 46–51
3. Kurbatov V.L., Komarova N.D. Analytical modification of seismic effect on the building //

Modern Applied Science. 2015. Т. 9. № 3. С. 10–16.

4. Кафтаева М.В., Рахимбаев Ш.М., Комарова Н.Д., Курбатов В.Л. Термодинамический

анализ реакции образования ксонотлита из известково-кремнеземистого вяжущего при автоклавном твердении // Ползуновский вестник. 2016. № 1. С. 77–81.

Kurbatov V.L., Komarova N.D.

DISPERSE RAW MIXES, THEIR FEATURES OF CAPILLARY STRUCTURIZATION

In space and in time the structure of any material continuously undergoes changes, to it, in particular, the constant movement of elementary particles, atoms, molecules, interaction of material with the environment promote. For example, almost all construction materials and their raw mixes, at least, at the microlevel, represent the microheterogeneous disperse systems consisting several phases to which number the liquid component belongs. The nature of structure of such systems in many respects is defined by character and size of communications or forces of adhesion between structural elements (microparticles, grains, etc.). Depending on the nature of these communications in disperse systems allocate strong phase contacts in condensation or crystallizational structures of disperse materials, direct atomic contacts in dry powders and rather weak forces of molecular interaction operating between particles through layers of a liquid phase in coagulative structures. Besides the types of interactions and the relevant structures considered above it is necessary to allocate such important interactions as capillary, shown in three-phase (firm - liquid - gas) disperse systems to which the majority raw (concrete, the rastvornykh, silicate, etc.) mixes for production of construction composite materials belongs, for example.

Key words: *disperse systems, structurization, interpartial interaction, humidity, contact zone.*

Курбатов Владимир Леонидович, доктор экономических наук, профессор.

Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова
Адрес: Россия, 357202, Ставропольский край, Минеральные Воды, ул. Железноводская, д. 24

Комарова Наталья Дементьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирование зданий, городское строительство и хозяйство

Адрес: Россия, 357202, Минеральные Воды, ул. Железноводская, д. 24
E-mail: natalia.komarova.2014@mail.ru