

УДК 622.02(045)

**Г.А. Янченко**

## **К ВОПРОСУ О СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ ПЛОТНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Сделан анализ соответствия плотности, объёмной и насыпной плотности горных пород требованиям, предъявляемым к стандартным справочным данным и использования этих показателей для расчётов процессов горного производства.*

*Ключевые слова: порода, свойство, плотность, объёмная плотность, насыпная плотность, процесс, расчёт.*

Согласно [1], при расчётах параметров процессов горного производства рекомендуется пользоваться стандартными справочными данными (ССД) разрабатываемых горных пород, которые представляют собой параметры, количественно характеризующие физические свойства пород, определённые в стандартных условиях по стандартным методикам с указанием состава и строения пород и оценкой их точности и представительности. Соответственно ССД являются наиболее точными численными характеристиками соответствующих свойств горных пород [1], что является основой для их публикации в соответствующей справочной литературе.

Плотностные свойства горных пород относятся к группе наиболее важных физических свойств и используются, явно или косвенно, в расчётах абсолютного большинства физических и технологических процессов горного производства. При этом абсолютное большинство пользователей данных по этим свойствам зачастую не задумываются, насколько эти данные, взятые из соответствующих справочных изданий, соответствуют требованиям ССД и, самое главное, насколько они приме-

нимы для практических расчётов рассматриваемых процессов горного производства.

Как известно все плотностные свойства горных пород в абсолютном большинстве определяются в лабораторных условиях по хорошо известным стандартным методикам, апробированным уже в течение довольно большого периода времени. С этой точки, параметры плотностных свойств можно отнести к параметрам, определённым при стандартных физических условиях (*Для справки.* Стандартные физические условия характеризуются следующими параметрами состояния: абсолютное давление  $P = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101325 \text{ Па}$  и температура  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , где *атм* – физическая атмосфера).

Казалось бы, параметры плотностных свойств горных пород, определённые при этих условиях и на необходимом количестве образцов должны автоматически соответствовать требованиям, предъявляемым к ССД и использоваться при расчётах всех процессах горного производства. Однако, это далеко не так.

Если плотность горных пород  $\rho$  будет определена согласно определению [1]:  $\rho$  - **физическая величина, связывающая массу и объём ми-**

**нерального скелета породы, численно равная массе единицы объёма минерального скелета**, то такая плотность горной породы, при наличии данных о её составе и точности и представительности полученных результатов, будет отвечать требованиям ССД в полной мере. Она может использоваться при практических расчётах всех процессов горного производства связанных с разработкой данной горной породы, так как никакие процессы, связанные с увлажнением породы, появлением в ней льда, её разрушением и так далее не влияют на величину  $\rho$  породы. Соответственно использование терминов «**плотность влажной породы**» и «**плотность мёрзлой породы**» в этом случае недопустимо, так как ни вода, ни лёд не являются составной частью минерального скелета.

Несколько иначе обстоит дело с понятием объёмной плотности  $\rho_{об}$ , при определении которой, как известно, автоматически учитывается общая пористость породы. Полученные в лабораторных условиях результаты не совсем отвечают полностью требованиям ССД и во многих случаях их можно использовать для практических расчётов с очень большой осторожностью.

Выполненный в [2] обзор показал, что в настоящее время в принципе нет даже единого мнения в определении понятия  $\rho_{об}$ . При её определении предлагают зачастую учитывать не только минеральный скелет породы, но и наличие в ней газов и различных жидкостей, не являющиеся стабильными компонентами породы. При изменении внешних условий, причём не обязательно в процессах горного производства, их содержание может изменяться в довольно широких пределах, что соответственно скажется на величине такой  $\rho_{об}$  породы.

Чтобы получить ориентировочную исходную информацию, которая позволила бы, например, сравнивать  $\rho_{об}$  разных пород и оценивать их общую пористость хотя бы в объёме лабораторных образцов, в [2] предложено определять объёмную плотность горных пород на их сухое состояние. В этом случае объёмная плотность горных пород трактуется как **физическая величина, связывающая массу сухой породы с её полным объёмом, включающим объём минерального скелета, пор, трещин и других пустот породы, находящейся в естественном (неразрушенном, неразрушенном) состоянии, численно равная массе минерального скелета в единице объёма сухой породы**. Согласно [2] содержанием газов в породах при определении их  $\rho_{об}$  можно пренебречь.

Хотя  $\rho_{об}$  в этом случае и определяется по стандартным методикам и практически в стандартных физических условиях она может быть отнесена к ССД в принципе довольно условно. Также с довольно большой осторожностью необходимо её использовать и в практических расчётах, особенно если рассматривается горный массив, находящийся соответственно во влажном, а в ряде случаев и в мёрзлом, состоянии.

Пересчёт  $\rho_{об}$  с сухого состояния породы на влажное или мёрзлое, характерное для рассматриваемого процесса, с учётом её набухания в области положительных или отрицательных температур, принципиальных затруднений не вызывает [2] (в последних случаях правда необходимо говорить уже об **объёмной плотности влажной породы либо об объёмной плотности мёрзлой по-**

**роды**). Однако для этого необходимы данные о текущем содержании влаги или льда в породе и степени её набухаемости. Последнее особенно важно при рассмотрении влажных глинистых пород, находящихся в соответствующем напряжённом состоянии.

Следует также отметить, что нарушение сплошности породы  $\rho_{об}$ , определённое в лабораторных условиях, косвенно оценивается только в пределах объёма лабораторного образца, в котором эти нарушения обычно представлены в виде пор и микротрещин. Поэтому использование этой  $\rho_{об}$  для косвенной оценки нарушений сплошности породного массива, в принципе не совсем правильно. Более точно это можно сделать только на основании данных специальных геофизических исследований. Соответственно, это необходимо иметь в виду, например, при геомеханических расчётах, так как наличие в массиве большого количества тектонических трещин и больших пустот может сильно сказаться на величине  $\rho_{об}$  породы даже без учёта её влажности и льдистости.

Кроме того в отличие от  $\rho$  объёмная плотность породы в принципе не является постоянной величиной даже в пределах объёма лабораторного образца и не может являться объективной характеристикой породы для всех процессах горного производства. Любое воздействие, приводящее к нарушению сплошности этой породы (различные виды разрушения, растворение, возгонка и так далее) будет уменьшать её  $\rho_{об}$ . Следовательно это необходимо учитывать при расчётах того или иного процесса горного производства.

Увлажнение породы и появление в ней льда, как известно, изменяют ве-

личину её объёмной плотности, так как вода и лёд, заполняя пустоты, в которых изначально находились газы, например воздух, увеличивают массу образца породы в целом. Поэтому если в лабораторных условиях, по каким то, причинам будет определена объёмная плотность влажной или мёрзлой породы, то обязательно необходимо количественно оценивать и соответственно указывать содержание в ней воды или льда. Сделать это в принципе не сложно, однако соответственно требует дополнительных исследований. Однако, если этого не делать, то величина определённой объёмной плотности этой породы будет обладать минимальной информативностью, так как невозможно будет точно спрогнозировать её величину при изменении показателей содержания в породе воды или льда. Поэтому объёмная плотность влажных и мёрзлых пород в принципе не может относиться к ССД, так как на её величину довольно сильное влияние оказывают внешние условия, которые, как известно, в процессах горного производства могут быть крайне нестабильными.

Учитывая всё вышесказанное, следует признать, что с практической точки зрения в принципе наиболее полно отвечает требованиям ССД  $\rho_{об}$ , определённая на сухое состояние породы. Эта  $\rho_{об}$  определяется более легко и её пересчёт с сухого состояния породы на влажное или мёрзлое при необходимости осуществляется в принципе довольно просто. Однако характер изменения  $\rho_{об}$  в процессах горного производства требует дополнительных исследований, причём зачастую довольно сложных. Во многих случаях таких исследований просто не проводят. Поэтому при соответствующих расчётах в ряде случаев при-

ходится использовать данные полученные на лабораторных образцах без учёта возможного изменения  $\rho_{об}$  породы в рассматриваемом процессе. Однако в этом случае необходимо иметь в виду, что получаемые результаты расчётов будут обладать определённой погрешностью.

Таким образом, объёмную плотность горной породы, определённую в лабораторных условиях на её сухое состояние, при использовании в практических расчётах горного производства в необходимо, во-первых, пересчитывать на влажное или мёрзлое состояние породы, что в принципе не очень сложно при наличии соответствующих данных, и, во-вторых, пересчитывать с учётом характерных нарушений сплошности этой породы в рассматриваемых процессах горного производства.

Всё вышесказанное о  $\rho_{об}$  в определённой степени относится и к насыпной плотности  $\rho_{нас}$  рыхлых (раздельнозернистых, разрушенных, горной массы) горных пород. В отличие от  $\rho$  и  $\rho_{об}$  величины  $\rho_{нас}$  в справочных изданиях обычно не приводятся, а даются величины коэффициента разрыхления пород  $K_{раз}$ , который связывает величины  $\rho_{об}$  и  $\rho_{нас}$ :  $\rho_{нас} = \rho_{об} / K_{раз}$ . Соответственно на величину  $\rho_{нас}$  влияют факторы, влияющие как на величину  $\rho_{об}$  (они рассмотрены выше), так и на величину  $K_{раз}$ . Величина  $K_{раз}$  зависит от значительно большего количества факторов, чем  $\rho_{об}$ . Это – гранулометрический состав рыхлых пород, крупность их отдельностей, плотность их укладки и степень уплотнения в рассматриваемом объёме (отвал вскрышных пород, ёмкость транспортных средств, склад готовой продукции и так далее), ше-

роховатость отдельностей и их липкость, влажность и льдистость рыхлых пород и так далее. Причём о влиянии многих из этих факторов на величину  $K_{раз}$  разных пород в соответствующих процессах горного производства известно очень мало. Более того, в принципе нет даже единого подхода к определению  $\rho_{нас}$  рыхлых пород в лабораторных условиях. Она изначально имеет определённые различия, вызванные соотношением максимального размера отдельностей рыхлых пород и объёма мерного сосуда. Так, например, если максимальный размер отдельности составляет 20 мм, то объём мерного сосуда должен быть 10 дм<sup>3</sup>, а если 40 мм, то 20 дм<sup>3</sup> и так далее. При этом гранулометрический состав исследуемых пород вообще не принимается во внимание, что делает найденную в опытах  $\rho_{нас}$  объективной характеристикой только конкретной исследованной пробы породы. Поэтому пробы даже одинаковой породы с одинаковым максимальным размером отдельностей, но с различающимся гранулометрическим составом, могут иметь разные величины  $\rho_{нас}$ . Исследований, позволяющих однозначно учитывать влияние гранулометрического состава на величины  $\rho_{нас}$  или  $K_{раз}$  пород в разных процессах горного производства в принципе нет.

Практически нет подобных исследований и о влиянии влажности, льдистости, шероховатости и других факторов, как по отдельности, так и в совокупности на величины  $K_{раз}$  пород в разных процессах горного производства.

Поэтому любые данные о величинах  $\rho_{нас}$  или  $K_{раз}$  рыхлых пород, в том числе приведённые в соответствующих справочных данных, не удовле-

творяют требованиям ССД. В идеале, в практических расчётах надо использовать величины  $\rho_{нас}$  или  $K_{раз}$  породы, определённые экспериментально для конкретного состояния породы в рассматриваемом процессе горного производства. Однако в большинстве случаев таких исследований практически нет. Приходится пользоваться данными, приведёнными в соответствующих литературных источниках, которые зачастую не являются объективными характеристиками породы в данном процессе.

В этом случае надо быть готовым к тому, что получаемые результаты расчётов будут содержать определённую погрешность. Насколько она будет большой, сильно зависит от профессионализма специалиста. Если он, хотя бы в общих чертах, представляет характер влияния соответствующих факторов на величины  $\rho_{об}$  и  $K_{раз}$  пород, то эта погрешность может быть сведена к приемлемой величине. В противном случае она может привести к неправильным выводам и принятию ошибочных технических решений. **ПИАБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

*Янченко Геннадий Алексеевич* – профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



---

**РУКОПИСИ,  
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

#### **БЮДЖЕТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

(833/08-11 от 16.05.11) 7 с.

*Сафонова Эмилия Геннадьевна*, кандидат экономических наук, доцент, Российский экономический университет.

*Определена сущность бюджетного планирования, раскрывает основные элементы планирования, т.е. виды, формы и схемы составления бюджетов. Также приводятся типовые стадии процесса внедрения бюджетирования. В краткой форме описывается подготовка различных планов бюджета.*

*Ключевые слова:* бюджетный процесс, согласование бюджетов, план-фактный контроль, управленческие решения.

*Safonova A.G.* A COMPANY BUDGET PLANNING

*In this article, the author defines the essence of budgeting, reveals the basic elements of planning, types, shapes and patterns of budgeting. Also provides sample stage of the implementation process of budgeting. The short form describes the preparation of various plans of the budget.*

*Key words:* budget process, coordination of budgets, plan and fact control, management decisions.