

Исследование влияния физических свойств навалочных грузов на безопасность их перевозки железнодорожным транспортом

Е.В. Пасечная

Ростовский государственный университет путей сообщений

Аннотация: проведено исследование влияния физических свойств навалочных грузов на их массу. Перевозка навалочных грузов при неблагоприятных погодных условиях сопряжена с риском возникновения превышения грузоподъемности подвижного состава. На примере речного песка рассматриваются основные свойства навалочных грузов и их изменение при взаимодействии с окружающей средой. Выполнены расчеты по определению зависимости массы груза от его влажности.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасность, перегруз вагона, навалочные грузы, физические свойства, масса груза, грузоподъемность вагона, осадки

Безопасность перевозок массовых строительных навалочных грузов является одним из главных условий эффективной организации перевозочного процесса на российских железных дорогах. ОАО «РЖД» проводит активную транспортную политику в этой области. Разработанная Стратегия гарантированной безопасности и надежности перевозок предусматривает, в том числе, ситуационный мониторинг безопасности, одним из условий которого является недопущение загрузки вагонов сверх трафаретной грузоподъемности [1]. Это условие регламентируется статьей 23 Устава железнодорожного транспорта (далее, УЖТ): «Погрузка грузов, грузобагажа в вагоны, контейнеры осуществляется, исходя из технических норм их погрузки, установленных федеральным органом исполнительной власти в области железнодорожного транспорта, но не должна превышать грузоподъемность вагонов, контейнеров согласно указанным на них трафаретам».

Вероятность перегруза вагонов возникает при определенных условиях организации грузовых операций. В первую очередь это касается организации перевозки навалочных грузов. Известно, что навалочные грузы - это грузы, предъявляемые к перевозке навалом, без счета мест, и не боящиеся

воздействия атмосферных осадков [2]. Перечень грузов, допускаемых к перевозке навалом, определяется также ст. 23 УЖТ, а условия перевозки изложены в Сборнике правил перевозок грузов железнодорожным транспортом. Определено, что навалочные грузы, не требующие защиты от атмосферных осадков, перевозятся насыпью в открытом подвижном составе и специализированных вагонах (Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом). К данной категории можно отнести такие грузы как песок, щебень, гравий, песчано-гравийную смесь, уголь, руду, доломит, серу и др. грузы. Все они относятся также и к категории массовых грузов, грузовые операции с которыми производятся на подъездных путях необщего пользования. Согласно данным ОАО РЖД общий объем перевозок строительных грузов только в июле 2014 года составил 16,5 млн. тонн, грузооборот составил 11,3 млрд. т-км [3].

На основании ст. 26 УЖТ, при предъявлении грузов для перевозки грузоотправитель должен указать в транспортной железнодорожной накладной их массу. Определение массы грузов, погрузка которых до полной вместимости вагонов, может повлечь за собой превышение их допустимой грузоподъемности, осуществляется только посредством взвешивания. При этом определение массы грузов, перевозимых навалом и насыпью, осуществляется посредством взвешивания на вагонных весах. Взвешивание грузов обеспечивается: перевозчиками при обеспечении ими погрузки и выгрузки в местах общего пользования; грузоотправителями, грузополучателям при обеспечении ими погрузки и выгрузки в местах общего и необщего пользования и на железнодорожных путях необщего пользования (УЖТ). Из приведенного выше можно сделать вывод, что определение массы навалочных грузов, погрузка которых производится на подъездных путях необщего пользования, выполняется грузоотправителями. Со своей стороны перевозчик имеет право требовать от

грузоотправителя загрузку вагонов до их полной грузоподъемности. Именно исходя из этих двух условий, и возникает угроза перегруза вагонов. В основе ее возникновения лежат физические свойства грузов, непосредственно влияющие на значение массы грузов в вагоне и проявляющиеся при определенных климатических условиях.

Навалочные грузы, как и любые другие грузы, обладают целым рядом физико-химических свойств. Данные свойства не только характеризуют состояние груза, но и отражают его способность взаимодействовать с окружающей средой. На основании физико-химических свойств определяют условия хранения и перевозки грузов. Непосредственно на массу навалочных грузов оказывают влияние такие свойства как гранулометрический состав, гигроскопичность, влажность, пористость [4]. Рассмотрим влияние перечисленных свойств на примере организации перевозки песка речного кварцевого (Межгосударственный стандарт "Песок для строительных работ. Технические условия" № 8736-93). Организация – грузоотправитель, организующая добычу песка открытым способом, в лабораторных условиях производит определение различных параметров, в том числе, таких как влажность, плотность, коэффициент фильтрации. Гранулометрический состав характеризует количественное распределение частиц насыпных грузов по крупности [5]. Гранулометрический состав оказывает значительное влияние на такие свойства груза, как гигроскопичность, сыпучесть, способность к слеживанию, уплотнению и смерзанию [4].

Коэффициент уплотнения насыпного груза — отношение его уплотненной массы к массе того же объема до уплотнения. Условия заполнения насыпного груза определенного объема формирует начальный коэффициент уплотнения, значение которого имеет существенный диапазон. В этой величине доминирующее место занимают динамические нагрузки и вибрация, в результате которых материалы претерпевают структурное

переформирование — мелкие частицы укладываются в порах между более крупными частицами. При этом воздух вытесняется из пор, число контактов частиц между собой увеличивается, что сопровождается возникновением молекулярных сил. Насыпной груз уплотняется, его плотность повышается [4].

Различные насыпные грузы имеют довольно большой разброс значений коэффициента уплотнения: от 1,05 до 1,52 (нижний предел характерен хорошо сыпучим грузам). Согласно [6], коэффициент уплотнения для песка не должен превышать значения 1,15.

Песок является гигроскопичным грузом. Гигроскопичность — свойство груза поглощать водяные пары из воздуха или выделять их. Сухой гигроскопичный груз поглощает влагу до тех пределов, при которых его влажность сопоставляется с влажностью окружающей среды.

Наличие в воздушной среде паров воды характеризуется абсолютной влажностью, влагоемкостью и относительной влажностью [4]. Водопотребность песка зависит от его происхождения и физических свойств, важнейшим из которых является удельная площадь поверхности его зерен [7]. Абсолютная влажность это количество водяного пара в граммах, содержащееся в 1 м³ воздуха. Влагоемкость воздуха характеризует способность воздуха поглощать влагу при данной температуре. Влагоемкость находится в прямой зависимости от температуры воздуха, поэтому степень сухости или влажности воздуха характеризуется его относительной влажностью.

Относительная влажность — это отношение абсолютной влажности воздуха к его насыщенности при той же температуре, %. Влажность определяется отношением массы испарившейся воды (после просушивания) к исходной массе взятого материала (в весовых процентах). Устойчиво

просматривается связь увеличения слеживаемости, уплотнения и смерзаемости песка от повышения его влажности.

Насыпная плотность – это отношение массы насыпного груза к занимаемому им объему с учетом пор и промежутков между отдельными частицами. Насыпная плотность определенного груза неоднородна и зависит от гранулометрического состава и других факторов.

Насыпная плотность определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, m / m^3$$

где m – масса сосуда с насыпным грузом, тонн;

m_1 – собственная масса сосуда, тонн;

V – объем сосуда в m^3 .

Объемная масса используется для определения массы насыпных и навалочных грузов расчетным путем. Насыпные и навалочные грузы представляют собой большое количество частиц различных размеров и формы. Между отдельными частицами и внутри них есть свободные пространства, возникающие в результате неплотного их прилегания друг к другу и наличия пор и капилляров. Отсюда объем насыпных и навалочных грузов зависит не только от количества материала, но и от наличия и размера свободных пространств. Объемная масса характеризует массу груза в единице объема с учетом скважистости и пористости вещества. Таким образом, масса груза в вагоне напрямую зависит от его влажности и насыпной плотности. Насыпная плотность изменяется в зависимости от влажности песка. Насыпную плотность [8] при изменении влажности навалочных грузов определяют по формуле:

$$\rho'' = \rho \frac{100 + W_2}{100 + W_1}, m / m^3 \quad (1)$$

где W_1 – содержание влаги для условий первичного определения плотности груза, %

W_2 – фактическое содержание влаги, %

ρ - известная объемная масса груза, т/м³

Расчет необходимо производить до сотых долей.

В договоре на поставку между грузоотправителем и грузополучателем указывают принятую по согласованию сторон расчетную влажность песка. Известно, что песок входит в состав бетонов и бетонных смесей [9,10]. На предприятии грузовладельца определение влажности груза производят приборами влагомерами (ВИМС-2.22) или в лабораторных условиях с помощью сушильного шкафа. В этом случае влажность определяется по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m} 100, \%$$

где m – масса навески груза в состоянии естественной влажности, г

m_1 – масса навески груза в сухом состоянии, г

На основе анализа работ по изучению свойств песка определено, что при дождях и ливнях влажность песка может увеличиться на 10-13%. Рассмотрим влияние влажности на показатель массы груза в вагоне. По формуле (1) определим изменение плотности песка при изменении влажности.

При определении массы груза по обмеру расчет выполняется по формуле [4]:

$$Q_{gp} = K_{уп} \cdot \rho_{gp} \cdot L_{вн} \cdot B_{вн} \cdot h_{gp}, m$$

где $K_{уп}$ – коэффициент уплотнения; для песка находится в пределах 1,19-1,29; по [6] для речного песка $K_{уп}$ должен быть не более 1,15; $K_{уп}$ песка природного сложения устанавливается проектной организацией по материалам инженерно-геологических изысканий (предоставляется грузовладельцами);

ρ – плотность груза, т/м^3 ; для крупного песка составляет 1,4-1,9 т/м^3 , для мелкого 1,23-1,63 т/м^3 ; для речного песка составляет в среднем 1,6 т/м^3 .

$L_{\text{внут.}}$, $B_{\text{внут.}}$ - соответственно внутренняя длина и ширина вагона, м

$h_{\text{гр}}$ – средняя высота груза в вагоне, м

Для расчетов возьмем полувагон модели 12-127, грузоподъемностью 70 т, $L_{\text{внут.}} = 12700$ мм, $B_{\text{внут.}} = 2878$ мм, $h_{\text{погр.}} = 1$ м [11]. Тогда объем погруженного груза составит $V = 12,7 \cdot 2,878 \cdot 1 = 36,55 \text{ м}^3$.

При влажности 2%, насыпной плотности 1,6 т/м^3 (для речного песка) и $K_{\text{уп}} = 1,15$ получим:

$$Q_{\text{гр}} = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 36,55 = 67,25 \text{ т}$$

Выполнив расчеты по приведенным формулам, получим следующие показатели массы груза в вагоне (табл.1).

Таблица №1

Зависимость массы груза от его влажности

Влажность (W), %	Насыпная плотность (ρ), т/м^3	Масса груза в вагоне (Q), т
2	1,6	67,25
3	1,61	67,67
4	1,63	68,51
5	1,647	69,22
6	1,66	69,77
7	1,67	70,19
8	1,69	71,03
9	1,7	71,45
10	1,72	72,29
12	1,75	73,55
14	1,78	74,81
16	1,81	76,07
18	1,85	превышает грузоподъемность

20	1,88	превышает грузоподъемность
----	------	-------------------------------

Таким образом, можно сделать вывод, что при резком увеличении влажности на 10% и более (ливневые осадки) перегруз вагона может составить до 3,55 тонн. Избежать этого возможно только при организации контроля перевозчиком влажности груза на стадии погрузки. Для этого на станциях массовой погрузки навалочных грузов достаточно иметь влагомер. Он позволит при интенсивных осадках определить влажность груза и откорректировать его массу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якунин В.И. Стратегия инновационного развития ОАО "РЖД" на период до 2015 года (Белая книга ОАО "РЖД"). М.: Транспорт, 2010. 77 с.
2. Тимошин А.А. Комплексная механизация и автоматизация погрузо-разгрузочных работ. М: Маршрут, 2003. 400 с.
3. Рынок железнодорожных грузоперевозок. Объемы перевозок железнодорожных строительных грузов на 18.08.14 // Железнодорожные перевозки строительных грузов: ежемес. интернет-изд. 2013. 23.окт. URL: gruz.pg-online.ru/construction (дата обращения: 20.09.2014).
4. Смехов А.А. Грузоведение, сохранность и крепление грузов . М.: Транспорт, 1989. 239 с.
5. Бутакова М.Д., Зырянов Ф.А. Исследование свойств бетонных смесей и бетонов на основе мелкозернистых минеральных отходов горного производства // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983.

6. Межгосударственный стандарт "Гравий, щебень и песок искусственные пористые" от 01 января 1991 г. № 9757-90 // Госстандарт. 1991 г.
7. Костыленко К.И. Оценка влияния состояния воды на свойства цементно - песчаных шликеров // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/943.
8. Олещенко Е.М. Основы грузоведения. М.: Изд. Центр "Академия", 2005. 288 с.
9. Bansal T.K., Sigh Mohinder, Bed:R.B.L / Effect of concrete // Irans. SAEST – 1988.23. - №2-3. –р.279-283
10. Setter, N., Roy, D.M. Mechanical Flatures of Chemical Shrinkage of Cement Paste. // Cem. and Concr. Res. – 1978. – V.8. - №5. – P. 623-634.
11. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. М.: Юртранс, 2003. 544 с.

References

1. Yakunin V.I. Strategiya innovatsionnogo razvitiya OAO "RZhD" na period do 2015 goda (Belaya kniga OAO "RZhD") [The strategy of innovative development of JSC "RZD" for the period till 2015 (the White book of JSC "RZD")]. М.: Transport, 2010. 77 p.
2. Timoshin A.A. Kompleksnaya mekhanizatsiya i avtomatizatsiya pogruzo-razgruzochnykh rabot [Complex mechanization and automation of loading and unloading]. М: Marshrut, 2003. 400 p.
3. Rynok zheleznodorozhnykh gruzoperevozok. Ob"emy perezovok zheleznodo-rozhnykh stroitel'nykh gruzov na 18.08.14 [The market for rail freight. Traffic volumes the railway-road construction loads on 18.08.14] Zheleznodorozhnye perezovki stroitel'nykh gruzov: ezhemes. internet-izd.



2013. 23.okt. URL:gruz.pg-online.ru/construction (data obrashcheniya: 20.09.2014).
4. Smekhov A.A. Gruzovedenie, sokhrannost' i kreplenie грузов [Grooveline, safety and cargo securing]. M.: Trans-port, 1989. 239 p.
 5. Butakova M.D., Zyryanov F.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3 URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983.
 6. Mezhhgosudarstvennyy standart "Graviy, shcheben' i pesok iskusstvennyye poristy" [Gravel, crushed stone and sand artificial porous] ot 01 yanvarya 1991 g. № 9757-90. Gosstandart. 1991 g.
 7. Kostylenko K.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3 URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/943.
 8. Oleshchenko E.M. Osnovy gruzovedeniya [The basics of grooveline]. M.: Izd. Tsentr "Akademiya", 2005. 288 p.
 9. Bansal T.K., Sigh Mohinder, Bed:R.B.L / Effect of concrete // Irans. SAEST – 1988.23. - №2-3. –p.279-283
 10. Setter, N., Roy, D.M. Mechanical Flatures of Chemical Shrinkage of Cement Paste. // Cem. and Concr. Res. – 1978. – V.8. - №5. – p. 623-634.
 11. Tekhnicheskie usloviya razmeshcheniya i krepleniya грузов v vagonakh i kontey-nerakh [Technical conditions of stowage and securing of cargo in wagons and containers]. M.: Yurtrans, 2003. 544 p.