

УДК 625.12

Косенко Сергей Алексеевич – д.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)
 Шаяхметов Саулет Берликашевич – к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)
 Алимкулов Мурат Маметкулович – к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В БАРХАННЫХ ПЕСКАХ С УЧЕТОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Выбор модели приземного пограничного слоя. Поверхность земли с находящейся на ней застройкой, неровностями рельефа местности и т. д. оказывает на движущийся воздух тормозящее воздействие, которое вследствие турбулентного перемешивания распространяется на верхние слои потока, постепенно ослабевая с увеличением высоты z в пределах так называемого пограничного слоя атмосферы.

Из лабораторных исследований и метеорологических наблюдений известно, что в нижней части турбулентного пограничного слоя напряжение трения мало отличается от приземного трения [1-2]. Это происходит по логарифмическому закону изменения скорости ветра с высотой:

$$U_m(z) = U_1 \ln(z / z^*) / \ln(z_1 / z^*), \quad (1)$$

где $z^* < z < 0,3 \delta$;

U_1 – скорость ветрового потока на высоте z_1 , м/с;

z^* – параметр, служащий характеристикой размера вихрей вблизи поверхности земли; в пригородах со сплошной невысокой застройкой $z^* = 0,8-1,2$ м; в крупных городах $z^* = 2-3$ м.

Более известен исторически первый степенной закон изменения средней скорости ветра по всей толщине $0 < z < \delta$ атмосферного пограничного слоя. Многочисленные разновидности этого закона по сути эквивалентны записи:

$$U_m(z) = U_0 (z / z_0)^\alpha, \quad (2)$$

где U_0 – средняя скорость ветрового потока на высоте z_0 , м/с, а показатель степени α зависит от типа местности и может изменяться в диапазоне $0,14-0,4$.

С другой стороны, согласно СНиП [3], средняя ветровая нагрузка на высоте z над поверхностью земли определяется формулой:

$$w_m = w_0 K(z) c, \quad (3)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления, зависящее от ветрового района, Па;

$K = f(z)$ – коэффициент высоты, зависящий от типа местности;

c – аэродинамический коэффициент давления (для наветренной стороны препятствия $c = 1$).

В приземном пограничном слое ветровой поток практически никогда не бывает стационарным, поскольку в нем присутствует большое количество вихрей различных масштабов, которые в совокупности образуют сложные турбулентные структуры.

Достаточно полная информация о структуре турбулентности предполагала бы задание статистических характеристик ветровых пульсаций, таких как амплитудно-частотный спектр, пространственно-временные корреляционные функции, масштаб и кинетическая энергия турбулентности. Попытка частичного учета этих факторов

содержится в СНиП [3], где нормативная величина пульсационной составляющей ветровой нагрузки определяется как некоторая доля от среднего значения:

$$w_p = w_m v \zeta,$$

соответственно, суммарный ветровой напор $w = w_m + w_p$ запишется в виде:

$$w = (1 + v \zeta) w_m, \quad (4)$$

где $\zeta = f(z)$ – коэффициент пульсации давления ветра на высоте z ;

v – коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра (рисунок 1), зависящий от размеров площадки, подверженной ветровому воздействию [4-5].

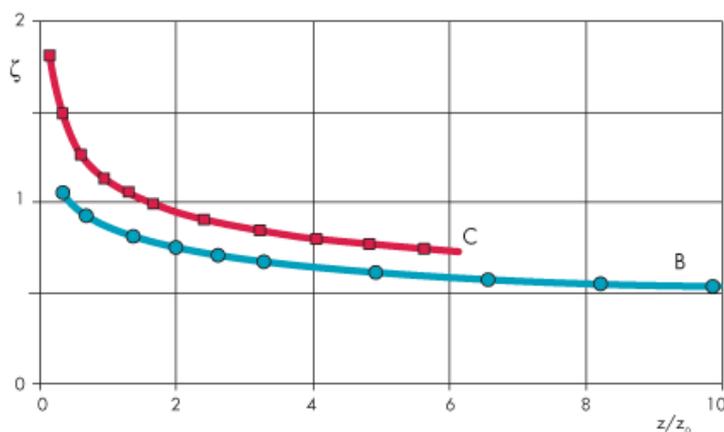


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента пульсаций давления ветра ζ от высоты z для типов местности «В» и «С»

В случае типов местности «В» и «С» табличные данные СНиП для $\zeta = f(z)$ (табл. 1 в [5]) можно аппроксимировать формулами (3):

$$\zeta = 0,85 (z / z_0)^{-0,2}, \quad z_0 = 30,5 \text{ м, для типа местности «В»}; \quad (5a)$$

$$\zeta = 1,14 (z / z_0)^{-0,25}; \quad z_0 = 60,0 \text{ м, для типа местности «С»}. \quad (5б)$$

С другой стороны, суммарный ветровой напор w можно представить также в виде формулы (3) с соответствующей суммарной скоростью V :

$$w = \rho V^2 / 2. \quad (6)$$

В таблице 1 даны средние и пиковые значения скорости нормативного ветрового потока на различных высотах для типов местности «В» и «С» при $v = 0,9$.

Таблица 1 – Скорости нормативного ветрового потока

Высота z , м	Средняя скорость U_m , м/с		Характерная максимальная скорость в ветровом порыве V , м/с	
	«В»	«С»	«В»	«С»
40	20,3	17,2	26,6	25,1
70	22,7	19,8	29,4	28,2
110	24,8	22,1	31,3	30,3
130	25,6	23,3	32,1	31,6

Чтобы результаты испытаний моделей можно было перенести на натуральный объект, необходимо соблюдать определенные условия, вытекающие из закона подобия и заключающиеся в равенстве у модели и у натурального объекта основных характеризующих данное явление критериев аэродинамического подобия. Аэродинамическая труба - установка, создающая поток воздуха или газа для эксперимента, изучения явлений, сопровождающих обтекание тел. С помощью аэродинамической трубы определяются ветровые нагрузки, а также нагрузки от взрывных волн, действующие на здания и сооружения — мосты, мачты электропередач, дымовые трубы и т. п. Опыты в аэродинамической трубе основываются на принципе обратимости движения, согласно которому перемещение тела относительно воздуха (или жидкости) можно заменить движением воздуха, набегающего на неподвижное тело. Для моделирования движения тела в покоящемся воздухе необходимо создать в аэродинамической трубе равномерный поток, имеющий в любых точках равные и параллельные скорости (равномерное поле скоростей), одинаковые плотность и температуру. Обычно в аэродинамической трубе исследуется обтекание модели проектируемого объекта или его частей и определяются действующие на неё силы. При этом необходимо соблюдать условия, которые обеспечивают возможность переносить результаты, полученные для модели в лабораторных условиях, на полноразмерный натуральный объект.

Согласно теории подобия, для того чтобы аэродинамические коэффициенты у модели и натуре (насыпи, выемки и т. п.) были равны, необходимо, кроме геометрического подобия, иметь одинаковые значения чисел M и Рейнольдса числа Re в аэродинамической трубе и в натуре ($Re = \rho v l / \mu$, ρ — плотность среды, μ — динамич. вязкость, l — характерный размер тела).

Аэродинамические характеристики различных форм рельефа местности. Движение воздуха относительно неровностей земной поверхности (возвышенности, холмы, долины, овраги, террасы) воспроизводит в крупном масштабе примерно те же изменения в ветровом потоке, что и у сравнительно небольших препятствий (насыпи, выемки) [6]. Неровности земной поверхности вызывают в ветровом потоке образование вихрей и самостоятельных циркуляций воздуха (зоны циркуляции), развивающихся, главным образом, в подветренной части неровности, а переломы рельефа образуют уменьшение или увеличение сечения ветрового потока, и, как результат этого, уменьшение или увеличение его скоростей (рисунок 2).

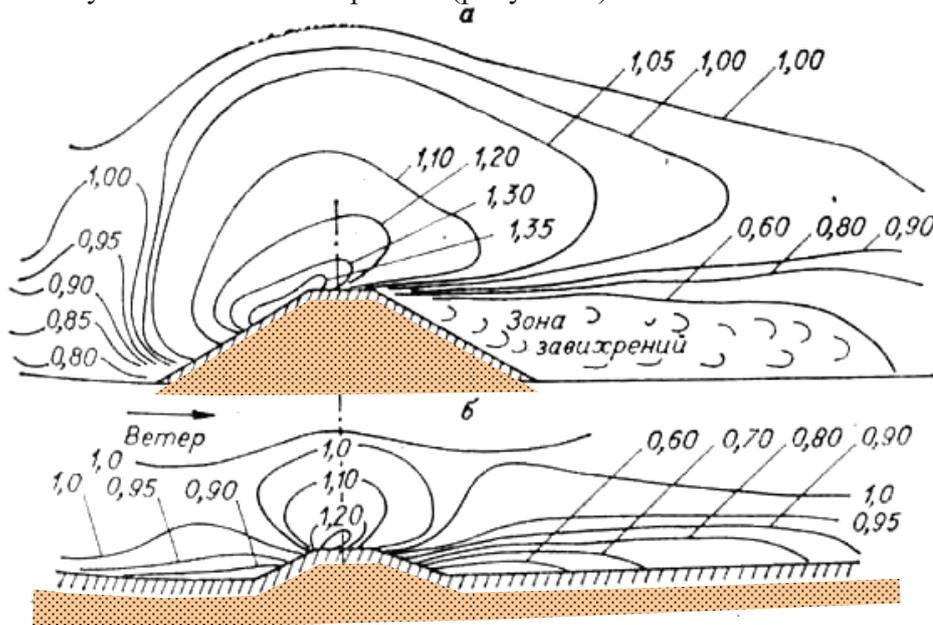


Рисунок 2. – Линии равных относительных скоростей (изотахи) при искании ветром моделей насыпей высотой 12м (а) и 3м (б). Масштаб моделей 1:100. Откосы 1:1,5.

Как видно из распределения изотак на рисунке 2, высокие насыпи (например, 12м) должны иметь защиту от раздувания ветром с наветренной стороны не менее половины высоты насыпи (не менее 6м от бровки насыпи вниз).

В сильнометелевых районах принципиальное значение имеет проблема генплана, ориентации в плане дорог, предприятий, станций и других сооружений. В течение многих лет господствовала идея: заставить ветер выметать от сооружений наносимый им песок, превратить ветер в дворника. В согласии со «здравым смыслом» в Технических указаниях, в учебниках рекомендовалось направление железнодорожного пути, осей железнодорожных станций, главных сквозных улиц населённых пунктов совмещать с направлением преимущественных ветров.

Немало бед принесла эта идея при её практическом внедрении. Например, подъездные пути к угольным разрезам Экибастуза, к Ждановскому Заполярному руднику были, строго по инструкциям, ориентированы по направлению жесточайших буранов. Заносы стали бичом номер один для этих путей, защититься от них нельзя.

Поэтому, при трассировании железной дороги в барханных песках ее трассу следует укладывать насыпями в межбарханных понижениях преимущественно вдоль фронта движения барханов, назначая высоту насыпи не ниже высоты барханов (рисунок 3). При этом необходимы конструктивные меры защиты от выдувания грунта наветренной части насыпи.

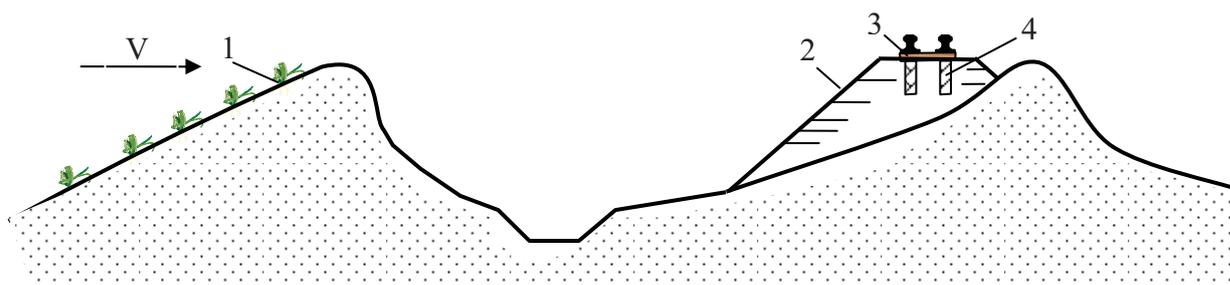


Рисунок 3. – Поперечник незаносимой насыпи в барханных песках

Для обеспечения бесперебойности движения поездов трасса железной дороги должна укладываться перпендикулярно вектору движения барханов (или под углом 60° - 90° градусов) и должны быть приняты меры по закреплению песка на наветренных частях ближайших барханов. Ширина полосы закрепления рассчитывается с учетом интенсивности пескопереноса и нормативной вероятности обеспечения. Аккумуляционные резервы должны обеспечивать аккумуляцию песков за 25-30 лет и возможность очистки резервов от принесенного песка. Моделирование можно рассматривать как замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом, именуемым моделью и обеспечивающим близкое к оригиналу поведение в рамках некоторых допущений и приемлемых погрешностей.

Моделирование обычно выполняется с целью познания свойств оригинала путем исследования его модели, а не самого объекта. Существует ряд общих требований к моделям:

- адекватность – достаточно точное отображение свойств объекта;
- полнота – предоставление получателю всей необходимой информации об объекте;
- гибкость – возможность воспроизведения различных ситуаций во всем диапазоне изменения условий и параметров;
- трудоемкость разработки должна быть приемлемой для имеющегося времени и программных средств.

Моделирование – это процесс построения модели объекта и исследования его свойств путем исследования модели.

Конструкция земляного полотна железной дороги зависит от расчетного объема приносимого к полотну песка (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетные объемы переноса песка по румбам в пустынях Средней Азии и Казахстана (по Р. С. Закирову)

Метеостанция	Обеспеченность Р, %	Объем переноса песка, м ³ /(м·год), при направлении ветра по румбам							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Республика Казахстан									
Ганюшкино	5	0	0	2,46	1,56	0,33	0,68	3,45	1,85
Забурунье	5	1,29	1,90	2,04	1,45	0,88	1,04	2,39	1,55
Чиили	5	0,60	1,74	1,45	0,08	0	0	0,17	0,26
Карак	5	0,62	0,94	1,34	0	0	0,77	0,59	1,01
Кара-Кум	5	1,59	1,04	3,45	0	0	1,02	1,11	1,25
Монсыр	5	0,46	0,84	0,30	0	0	0,39	0,84	0,65
Злиха	5	0,71	2,61	4,67	0	0	1,45	1,07	0,99
Новый	5	0,43	1,21	1,16	2,07	0,60	3,14	1,61	0,78
Уштаган	10	0,35	0,93	0,99	1,62	0,46	2,96	1,43	0,67
Аральское	5	1,19	1,98	0,56	0	0	2,26	1,69	0,94
море	10	0,98	1,68	0,45	0	0	2,06	1,35	0,83
Аяк-Кум	5	0,71	0,33	0,64	0,44	0,31	0,29	2,57	1,16
Бинеу	5	0,36	0	1,75	3,80	1,23	0,24	2,70	1,96
Сам	5	0,67	0,21	1,16	0,84	0,26	0,26	1,56	1,13
Уил	5	0,85	0,77	0,27	0,31	0,42	1,16	1,00	2,12
Аул-4	5	0	1,54	1,04	0	0	0,39	0,88	0
Баканас	5	0	1,20	0	0	0	0	0,81	0
Жетыжол	5	0	0,84	0	0	0	0,46	0	0
Ак-Кудук	5	0,21	0,11	0,34	0,43	0	0	0,27	0,59
Казалинск	5	0,49	0,69	0,42	0	0	0,16	0,68	0,27
Урда	5	0,39	0,93	1,29	1,46	0,22	3,67	2,13	1,23
Кзыл-Орда	5	0,95	6,43	1,93	0	0	0,73	1,27	1,57
Новая Казанка	5	0,68	1,39	0,91	0,64	0,36	1,29	1,62	1,64
Уланбель	5	0	0,68	3,39	0	0	0	1,00	0,49

Как следует из анализа данных таблицы 2 для регионов Казахстана, наибольшее количество песка переносится в северо-восточном направлении. Максимум переноса в этом направлении принадлежит Кзыл-Орде и составляет 6.43м³/м.пог.

В защитной полосе необходимо выполнить посев трав и посадку кустарников, приживающихся в данной местности.

Вывод. Учитывая данные аэродинамического моделирования, а также данные практических наблюдений на местности, можно сделать вывод о целесообразности проектирования железнодорожного земляного полотна в барханных песках в межбарханных понижениях преимущественно вдоль фронта движения барханов, назначая высоту насыпи не ниже высоты барханов. Это позволит существенно снизить пескозаносимость железнодорожных насыпей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаханов Е.А. Реологические свойства плотных глинистых грунтов и расчеты сооружений. Алматы, 2000, 143с.
2. Ауесбаев Е.Т. Скоростной железнодорожный путь на железных дорогах Казахстана. Монография. Алматы: КУПС, 2003, 149 с.

3. СНиП 2.05.02-85* МОСКВА 2004.
4. Прикладная аэродинамика: Учеб. пособие для вузов /Под ред. Краснова Н.Ф.- М.: Высш.шк., 1974.- 732с.
5. Аэродинамика Краснов Н.Ф.. Ч. I. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла. Учебник для втузов. - М., Высшая школа, 1976. - 384с.
6. Основы гидравлики и аэродинамики В. И. Калицун [и др.]. - М. : Стройиздат, 2004. - 296с.

УДК 625.122

**Шаяхметов Саулет Берликашевич – к.т.н., доцент (Алматы КазАТК)
Апшиқур Байтақ – к.т.н., доцент (Алматы КазАТК)**

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ПЕСЧАНЫХ ПУСТЫНЯХ КАЗАХСТАНА

В ежегодном послании к народу Казахстана глава государства Нурсултан Назарбаев указал на необходимость стратегического развития инфраструктуры для устойчивого роста экономики. Необходимо интегрировать транспорт Казахстана в мировую транспортную сеть. Для этого требуется поднять технический уровень транспорта.

Начертание сети магистральных железных дорог Республики Казахстан и их мощность не полностью удовлетворяют потребности в перевозках грузов и пассажиров. Недостаточно используются возможности транзитных железнодорожных перевозок из Китая в Европу.

По оценке ученых ведущих стран мира Казахстан занимает шестое место в мире по запасам природных ресурсов, но из-за недостаточного развития инфраструктуры не может использовать это преимущество с наибольшим для себя эффектом. По подсчетам некоторых ученых разведанные недра Казахстана оцениваются примерно в 10 триллионов долларов США. Казахстан - одна из богатейших стран мира по запасам нефти, газа, титана, магния, олова, урана, золота и других цветных металлов.

Нефтяные месторождения у берегов Каспийского моря - Тенгиз, Прорыва, Каламкас, Каражанбас - всего лишь "окраина" мощной нефтяной залежи, ядро которой находится в северной части Каспийского моря, где общие запасы оцениваются в 3-3,5 миллиарда тонн нефти и 2-2,5 триллиона кубометров газа. На территории Казахстана разведаны более 100 угольных месторождений, крупнейшими из которых является Экибастузское месторождение, отличающееся большой мощностью бурогоугольных пластов, и Карагандинский угольный бассейн с запасами свыше 50 миллиардов тонн коксующихся углей.

Для освоения этих богатств, прежде всего, необходимо строительство новых железных дорог и трубопроводов. Но значительную площадь в Казахстане имеют солончаки, песчаные пустыни и полупустыни. Пустыни Казахстана - это край безводья. Климат здесь характеризуется чрезвычайно редкими дождями и высокой температурой воздуха летом, жестокими морозами зимой, частыми ветрами, вызывающими песчаные бури, крайне сухим воздухом, резкими колебаниями температуры летом даже в течение суток.

Через 10 лет более 8500 км магистральных железных дорог Казахстана должны стать скоростными. Предусмотрено существенное повышение осевых вагонных нагрузок и скоростей движения поездов. «Транспортная стратегия Республики Казахстан до 2015 года» предусматривает строительство ряда новых железных дорог, в том числе через пустыни Казахстана для обеспечения транзитных перевозок и улучшения межрайонных связей.

Наибольшую сложность сооружения и текущего содержания железнодорожного пути в песчаных пустынях имеют участки с подвижными барханами, где ежегодно через каждый погонный метр пути переносится от 2.0 до 10м³ песка.