

Жалалдинов М.М., Дуйшеев С.Д., Турабыев Ч.К., Эркали уулу У.

**СЕЙСМИКАЛЫК КҮЧТӨРДҮ ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ИНЖЕНЕРДИК
КУРУЛМАЛАРДЫ ЭСЕПТӨӨ ЫКМАЛАРЫ**

Жалалдинов М.М., Дуйшеев С.Д., Турабыев Ч.К., Эркали уулу У.

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИЛ**

M. Zhalaldinov, S. Duishoev, Ch. Turabyev, Erkali uulu U.

**METHODS OF CALCULATION OF ENGINEERING STRUCTURES
TAKING INTO ACCOUNT SEISMIC FORCES**

УДК: 625.76

Бул макалада сейсмикалык күчтөрдүн таасири астында жол полотносунун жана суу өткөрүүчү түтүктөрдүн жүрүм-турумун талдоо, автомобиль жана жолдордун полотносунун бузулушунун себептери каралды. Ошондуктан, алар жантайыңкы кыртыштын бөлүкчөлөрүнүн тең салмактуулугун карап чыгуунун негизинде, байланышпаган топурактан жасалган дөбөнүн сейсмикалык жактан туруктуу жантайышынын жантайыш бурчун аныктоо үчүн аналитикалык формуланы сунушташты. КМШ өлкөлөрүндөгү жана чет өлкөлөрдөгү долбоордук чечимдерди жана долбоорлоо ченемдерин салыштыруу менен өткөн жылдардагы ар кандай жер титирөөлөрдөгү инженердик курулуштардын жүрүм-турумуна инженердик талдоо жүргүзүлдү. Изилдөөнүн актуалдуулугу азыркы учурда автомобиль жолдорун долбоорлоодо, курууда жана эксплуатациялоодо суу ташкыны, жер титирөө, кардын көп жаашы, кар жана таш көчкүлөрү сыяктуу өзгөчө кырдаалдардын таасирине алардын туруктуулугун жогорулатуу актуалдуу маселе болуп саналат. Методика жана изилдөө объектиси аныкталды. Жол курулуштарын сейсмикалык таасирлерге эсептөө методдоруну жүргүзүлгөн талдоонун негизинде автомобиль жана темир жолдордун дөңсөөлөрүнүн жана автоэлектрдин кыйрашынын, жер титирөөдө жолдордун жана жол курулмаларынын жүрүм-турумунун себептерин аныктоо боюнча жыйынтыктар алынат.

Негизги сөздөр: жол полотнолору, жол курулмалары, жантайыңкы жерлер, дөбөлөр, сейсмоактивдүү курулуштар, натуралдык курулуштар, гидротехникалык курулмалар, байланышпаган топурактар, горизонталдуу жылыштар.

В данной статье рассмотрены вопросы анализа поведения полотна дорог и водопропускных труб при воздействии сейсмических сил, причины разрушения полотна автомобильных и дорог. Поэтому они, на основе рассмотрения равновесия частиц грунта на откосе, предложили аналитическую формулу для определения угла наклона сейсмически устойчивого откоса насыпи, выполненного из несвязного грунта. Произведен инженерный анализ поведения инженерных сооружений при различных землетрясениях прошлых лет и последние землетрясения за рубежом с сопоставлением проектных решений и норм проектирования в странах СНГ и за рубежом. Обоснована актуальность исследования в настоящее время при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог актуальной проблемой является увеличение их устойчивости к воздействиям чрезвычайных ситуаций, таких как наводнение, землетрясение, обильных снегопадов, снежных и каменных лавин. Определены методика и объект исследования. На основании проведенного анализа методов расчета дорожных сооружений на сейсмические воздействия получены результаты по определению причин разрушения насыпи и откоса земляного полотна автомобильных и железных дорог,

поведений полотна дорог и дорожных сооружений при землетрясениях.

Ключевые слова: полотна дорог, дорожные сооружения, откосы, насыпи, сейсмоактивные сооружения, натурные сооружения, гидротехнические сооружения, несвязанные грунты, горизонтальных перемещений.

This article discusses the issues of analyzing the behavior of the roadbed and culverts under the influence of seismic forces, the causes of the destruction of the roadbed and roads. Therefore, based on the consideration of the equilibrium of soil particles on the slope, they proposed an analytical formula for determining the angle of inclination of a seismically stable embankment slope made of disconnected soil. An engineering analysis of the behavior of engineering structures during various earthquakes of the past years and recent earthquakes abroad was carried out with a comparison of design solutions and design standards in the CIS countries and abroad. The relevance of the study is justified at the present time in the design, construction and operation of highways, an urgent problem is to increase their resistance to the effects of emergency situations, such as flooding, earthquake, heavy snowfall, snow and stone avalanches. The methodology and the object of the study are determined. Based on the analysis of the methods of calculating road structures for seismic impacts, the results were obtained to determine the cause of the destruction of the embankment and slope of the roadbed of highways and railways, the behavior of the roadbed and road structures during earthquakes.

Key words: roadways, road structures, slopes, embankments, seism active, full-scale structures, hydraulic structures, unconnected soils, horizontal movements.

Введение. Кыргызстан одна из самых сейсмоактивных стран мира. Более 90% территории республики занимают горы. А трассы автомобильные дороги проходят в большинстве случаев по горной местности и участкам, где часто подвергаются разрушающим воздействиям вызванными природными катаклизмами как: землетрясения, пожары, наводнения и т.д. экономичны [1].

Дорожное хозяйство в нашей Республике имеет исключительное важное народнохозяйственное значение, так как более 95 % всех перевозок осуществляется автомобильным транспортом, недопустим даже временный выход из строя этих сооружений.

В этой области исследований исключительную роль играет эксперименты на моделях и на натуральных сооружениях. Исходя из этого, в работе основные результаты рекомендации и конструктивные решения получены на базе этих методов [2].

Актуальность исследования. В настоящее время при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог актуальной проблемой является увеличение их устойчивости к воздействиям чрезвычайных ситуаций, таких как наводнение, оползни, землетрясение, мобильных снегопадов, снежных и каменных лавин.

Методы исследования. Анализ принимаемых в данное время методов расчета сейсмичности дорожных сооружений, откосов земляного полотна дорог на воздействия сейсмических сил.

Объект исследования. Рассматривается несколько участков автомобильных дорог Ошской области в особенности автодороги Ош-Саты-Таш-Иркештам участок 58-76 км.

Анализ поведения полотна автомобильных дорог и водопропускных труб при воздействии сейсмических сил, разрушение насыпи и откоса земляного полотна, часто является главной причиной выхода из строя автомобильных дорог [4].

Так, например, японские исследователи на основе опыта обследования последствий землетрясения 1923 года (Канто), пришли к выводу, что основным мероприятием по обеспечению сейсмостойкости земляных сооружений является увеличение пологости откосов. В результате проведенных исследований равновесия частиц грунта на откосе, предложили аналитическую формулу для определения угла наклона сейсмически устойчивого откоса насыпи, выполненного из несвязного грунта [5].

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi - K_c}{1 + K_c \operatorname{tg} \varphi} \quad (1)$$

где: φ -угол естественного откоса грунта;

K_c - сейсмический коэффициент для горизонтальных смещений грунта.

Формулу (1) экспериментально уточнил В.О. Цшохер [8].

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha - 0,5 \cdot K_c}{1 + 0,5 \cdot K_c \cdot \operatorname{tg} \varphi} \quad (2)$$

Как в (1), а также в уточненном для нее варианте (2), не входят частотные и жесткостные факторы.

Теоретически жесткая постановка задачи построения равно устойчивого откоса, основанная на теории предельного равновесия сыпучей среды, дана В.В. Соколовским.

В технических условиях и нормах проектирования гидротехнических сооружений ВНИИГа (1941г.) рекомендован устойчивый угол откоса плотины [5].

$$\alpha = \varphi - \arctg K_c \quad (3)$$

Институтом «Водгео» для определения откосов Ортокойской плотины предложена следующая формула:

$$\alpha = \varphi - 63^\circ K_c \quad (4)$$

Г. М. Шахунянц предложил метод расчета откоса с учетом сейсмичности, применительно к методу расчета по кругло цилиндрической поверхности оползания [7]. Поверхность участка сползания разбивается на отсеки под углом $\alpha_{\text{сейсм}}$ к вертикали плоскостями (рис. 1).

$$\alpha_{\text{сейсм}} = \arctg K_c \quad (5)$$

Вычисляется равнодействующая- R , приложенная к каждому отсеку (весом P), принимая направление сейсмических сил горизонтальным

$$R = \sqrt{P^2 + S^2} \quad (6)$$

где:

$$S = P \cdot K_c$$

откуда

$$R = P \sqrt{1 + K_c^2} \quad (7)$$

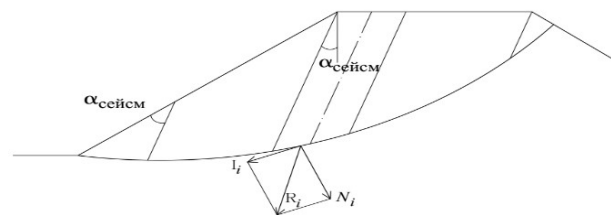


Рис. 1. Схема к расчету откоса по методу Г.М. Шахунянца.

При креплении откосов земляного полотна цементобетонными плитами или каменной неброской и др., определить коэффициент запаса можно по методике, изложенной в работе [5].

Как видно из изложенного, существующие методы расчета откосов выемки и насыпи имеют то общее, что ни в одном из них не учитывается влияние ширины сооружения на крутизну откосов. Поэтому они применимы для расчета земляного полотна, проходящего в выемке.

В работе [6] рассматриваются три простых случая:

- бесконечный откос с плоскостями сдвига, параллельный его поверхности;
- тело треугольного профиля с единственной плоскостью сдвига;
- тело трапецидального профиля с двумя плоскостями сдвига.

На рисунке 2. показано определение коэффициента запаса – F удерживающей силы, прочностью

грунта на сдвиг вдоль поверхности тела треугольного профиля с единственной плоскостью сдвига; вдоль поверхности тела треугольного профиля с единственной плоскостью сдвига;

На рассматриваемом рисунке показан выделенный участок скольжения шириной – a , с наклоном – α .

Рассмотрены только вес влажной грунтовой массы и сейсмическая сила. В рассматриваемом методе расчета откосов выемки и насыпи имеют то общее, что ни в одном из них не учитывается обрушения круглоцилиндрического характера, а учитывается сопротивление сдвигу при воздействии сейсмической нагрузки на силу нормальную к плоскости скольжения. вдоль поверхности тела треугольного профиля с единственной плоскостью сдвига;

По схеме приложения, сдвигающей и удерживающей сил коэффициент запаса – F определяется, как отношение удерживающей силы, обусловленной прочностью грунта на сдвиг вдоль поверхности скольжения к сдвигающей, связанной с весом призмы обрушения.

$$F = \frac{ca \sec \alpha + W[(1 - r_u) \cos \alpha - G_3 \sin \alpha] g \Phi}{W(\sin \alpha + G_s \cos \alpha)} \quad (8)$$

где: γ – удельный вес грунта призмы обрушения,
 $w = \gamma a d$;

G_3 – эффективное сцепление грунта;

γ – угол внутреннего трения;

G_s – Коэффициент сейсмичности.

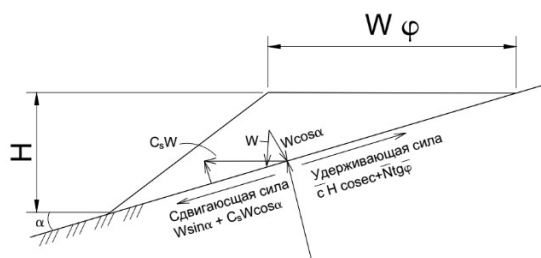


Рис. 2. Сдвиг насыпи расположенного в теле треугольного профиля с плоскостью сдвига.

Из представленного треугольника схемы действия воздействия сейсмической нагрузки на силу нормальную к плоскости скольжения, коэффициент запаса равен.

$$F = \frac{2 \sin \beta \operatorname{cosec}(\beta - \alpha)(\bar{c} / \gamma w_f) + [(1 - r_u) \cos \alpha - G_s \sin \alpha] g \bar{\Phi}}{\sin \alpha + G_s \cos \alpha} \quad (9)$$

Коэффициент запаса F (Уравнение 8) не зависит от угла наклона насыпи β , если в качестве критерия при проектировании используют ширину насыпи W_f , т.к. с изменением β в одинаковой пропорции меняется как удерживающая, так и сдвигающая сила.

Метод напряжено-деформационного состояния цилиндрической трубы при воздействии сейсмических волн и прогноза динамического растяжения.

В работе [3] Джумаева З.Ф. Определение динамического растяжения предложены следующие эмпирические оценки, что динамические усилия в каждом элементе арматуры, можно определить на базе на теории спектрального анализа моделей.

По утверждению Джумаева З.Ф. [3] общее горизонтальное динамическое усилие в каждом элементе арматуры пропорциональна расчетной величине спектрального ускорения и можно определить по формуле:

$$A_{des} = \Gamma_1 S_{a1} + \Gamma_2 S_{a2} \quad (10)$$

где: Γ_1 и Γ_2 – факторы, характеризующие первую и вторую формы модельных испытаний;

S_{a1} и S_{a2} – спектральные ускорения первой и второй форм, колебаний;

S_{a1} и S_{a2} – является функциями собственных частот и затухания колебаний сооружений из армированного грунта. Тогда можно считать, что при малых деформациях первой и второй основные периоды (T_1 и T_2) сооружения из армированного грунта высотой H равны

$$T_1 = H/38; \quad T_2 = H/100$$

Анализ деформаций поведений полотна автомобильных дорог и водопропускных труб при воздействии сейсмических сил, разрушение насыпи и откоса земляного полотна [2]. Показывают, что монолитные и армированные конструкции инженерных сооружений на автомобильных дорогах более надежны, чем не усиленных связями.

Так, например на участке 63 км дороги Ош-Гульча защитные стены из габионов (той же каменной кладки, но забранной в сетку из арматуры или провололочные мешки) разрушений не имели и даже при сильном ударе больших глыб, оторванных от скал в результате сейсмических воздействий. Характер деформаций защитных сооружений позволил ЦНИИСУ сделать заключение о целесообразности дублирования гравитационных связей в подобных сооружениях связями армирования геотекстилем и сетками разного рода [1], что позволит получить более надежные и работоспособные конструкции. В этом плане рассмотрим метод перемещений обрушением определенной плоскости скольжения.

Проведенный анализ методов расчета дорожных сооружений сейсмостойкости дает возможность сделать следующие **выводы**:

– Существующих методов расчета откосов земляного полотна дорог на сейсмические воздействия крайне недостаточно, ибо они взяты в основном из ра-

счета гидротехнических сооружений и полностью учесть работу полотна дороги не могут.

– В расчете откосов земляных сооружений нет четкого разделения расчета откосов насыпей и откосов выемок, хотя известно, что условиях далеко не идентичны.

– Все выше рассмотренные методы расчета сейсмостойкости, позволяет рассчитать устойчивости откосов и решить сейсмостойкость всего инженерного сооружения.

Литература:

1. Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог. - Бишкек, 1996. - 228 с.
2. Абдужабаров А.Х., Дуйшеев С.Д., Жалалдинов М.М. Анализ последствий влияния землетрясений на автомобильные дороги и сооружения. / Известия ОшТУ. - 2009. - №2. - С. 40-43.
3. Джумаев З. Ф. Определение динамического напряжено-деформационного состояния цилиндрической трубы при воздействии сейсмических волн. Институт информатики. - Ташкент, 2006. - С. 252-455.
4. Жалалдинов М.М. Обеспечение сейсмостойкости малых труб дорог в горной местности. / Наука, новые технологии и инновации. - 2015. - №3. - С. 42-44.
5. Напетваридзе Ш.Г. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. - М., 1959. - 320 с.
6. Хуан Я. Х., Забавина В. С. Устойчивость земляных каналов. - М.: Стройиздат, 1988. – С. 69–76.
7. Цшохер В.О., Быховский В.А. Антисейсмическое строительство. Редакция журнала: Наше строительство. - М., 1937. - С. 8-13.
8. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. - М.: Трансжелдориздат, 1961. - С. 10-15.