



УДК 625.42



А.Х. АБДУЖАБАРОВ
КГУСТА ИМ.Н.ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: ABDUJABAROVA@MAIL.RU

А.Н. ABDUJABAROV
KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC
E-MAIL: ABDUJABAROVA@MAIL.RU

Н.М. ХАСАНОВ
ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.С.ОСИМИ
ДУШАНБЕ, ТАДЖИКИСТАН
E-MAIL: KHASANOVN@MAIL.RU

N.M. KHASANOV
TALIK TECHNICAL UNIVERSITY N. A. M.OSIMI
DUSHANBE, TAJKISTAN
E-MAIL: KHASANOVN@MAIL.RU

А.О. ЯКУБОВ
ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.С.ОСИМИ
ДУШАНБЕ, ТАДЖИКИСТАН
E-MAIL: YAKUBOVA@MAIL.RU

A.O. YAKUBOV
TALIK TECHNICAL UNIVERSITY N. A. M.OSIMI
DUSHANBE, TAJKISTAN
E-MAIL: YAKUBOVA_@MAIL.RU

E.mail. ksucta@elcat.kg

РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ И ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

CALCULATION AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF SEISMIC RESISTANCE OF UNDERGROUND PEDESTRIAN TRANSITIONS AND UNDERGROUND COMMUNICATIONS

Макалада транспорт менен сейсмикалык күчтөрдүн мүмкүн болуучу биргелешкен таасири жана курулуш конструкциясынын аргасыз термелүүсү каралган.

Чечүүчү сөздөр: *жер астындагы жана жер үстүндөгү кишилер өтүүчү өтмөктөр, унаа, өтмөктөрдү бекемдөө, ылдамдык, термелүү.*

В статье рассматривается возможные совместные воздействия транспорта и сейсмических сил на сохранность пешеходных переходов и возникающие вынужденные колебания в конструкции сооружений.

Ключевые слова: *подземные и надземные пешеходные переходы, транспорт, укрепление переходов, скорость, колебания.*

The article considers possible joint effects of transport and seismic forces on the safety of pedestrian crossings and the resulting forced oscillations in the construction of structures.

Key words: *underground and aboveground pedestrian crossings, transport strengthening of transitions, speed, oscillations.*

Подземные пешеходные переходы и подземные инженерные коммуникации находятся под постоянным воздействием движущегося транспорта (автомобили, поезда), а так же возможного воздействия землетрясения. Поэтому чтобы обезопасить находящихся людей в переходах или сохранить подземные коммуникации, к которым относится густая сеть канализации и водосбросные сооружения, необходимо рассмотреть воздействие транспорта и сейсмические силы одновременно. Это дает возможность оценки разрушения этих конструкций и определить наиболее слабые участки, что позволит разработать новые, более устойчивые сооружения.

Как показали результаты исследования состояния подземных переходов и подземных коммуникаций, слой грунта в 1 метр на автодорогах и 2 м на железнодорожном транспорте недостаточно обеспечивают нормальную эксплуатацию этих сооружений. Постоянные ударные и вибрационные нагрузки приводят к преждевременному ремонту этих сооружений, т. е. они испытывают предельные нагрузки и нетрудно представить, что произойдет при добавочном сейсмическом воздействии. С увеличением грузоподъемности автотранспорта, подвижного состава железных дорог и скорости движения, нагрузки на подземные сооружения возрастают, т.к. возникают вертикальные колебания составляющая которой тем больше, чем больше скорость движения и вес транспорта.

Чтобы снизить отрицательные воздействия от транспорта, можно проектировать прокладки из синтетических полимерных материалов рекомендованных в [1]. Прокладки из этих материалов резко снижают амплитуду вертикальных колебаний перераспределяя их на значительную площадь и снижают слой активного сжимающегося слоя (рис. 1.).

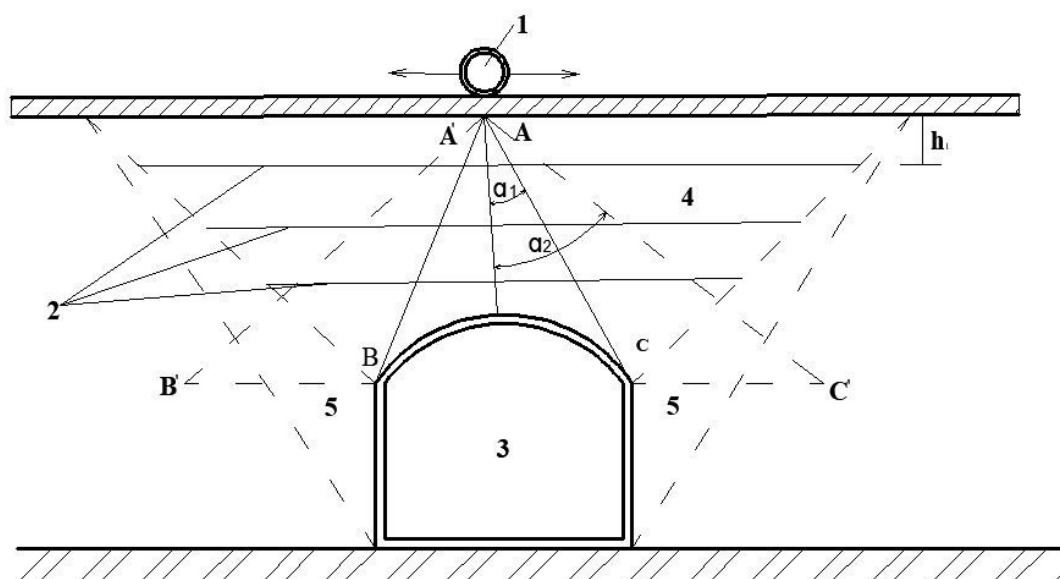
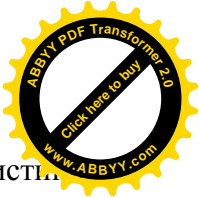


Рис 1. Схема укрепления грунта засыпка синтетическими материалами: 1-колесо транспорта; 2- прокладки из синтетических материалов; 3-подземный переход; 4-зона укрепления; 5- зона активного давления грунта.

Площадь ΔABC на 1 пог. метр в 2 раза меньше $\Delta A'B'C'$, что происходит из-за увеличения угла $\angle \alpha_2$ по сравнению с $\angle \alpha_1$, т.е. вертикальная колёсная нагрузка, при применении прокладок, вдвое меньше. Это значительно снижает ударные и вибрационные нагрузки на подземные сооружения и обеспечит долговременную, надёжную эксплуатацию сооружения. Угол α , меняется в зависимости от грунта и его влажности от 20° до 35° , а угол α_2 в зависимости от слоя укрепления $-h$, меняется в пределах $50^\circ - 80^\circ$.



Слой армированного грунта может изменяться в зависимости от характеристик геотекстиля, его прочности и шероховатости поверхности и в основном зависит от грунта земляного полотна. Рекомендованные толщины между слоями геотекстиля в среднем.

1. Глина – $h = 20$ см; 2. Супесь - $h = 30$ см;
3. Песок
- а) крупный - $h = 40$ см; мелкий - $h = 35$ см; 4. Гравий - $h = 50$ см.

Стоимость геотекстиля невысокая и имеет тенденцию к снижению. Так земляное полотно дорог уплотняется слоями при оптимальной влажности и укладка слоёв геотекстиля не даёт усложнения технологии производства работ. Снижение вибрационных колебаний в подземных переходах положительно влияет и на самочувствие людей, что полностью отвечает современным требованиям экологии.

Для определения влияния движущегося транспорта на подземные переходы, а так же для выявления возникающихся частотных характеристик в зависимости от скорости движения транспорта используем решённое уравнение из [2].

$$EI_p \frac{\partial^4 z_p}{\partial u^4} + N_0 \frac{\partial^2 z_p}{\partial u^2} + m_z \left[\frac{\partial^2 z_p}{\partial t^2} - 2\vartheta \frac{\partial \left[\frac{\partial z_p}{\partial t} \right]}{\partial u} + \vartheta^2 \frac{\partial^2 z_p}{\partial u^2} \right] + f_z \left(\left[\frac{\partial z_p}{\partial t} - \vartheta \frac{\partial z_p}{\partial u} \right] \right) + U_z z_p = 0 \quad (1)$$

- где: I_p – момент инерции бетонного покрытия относительно поперечной горизонтальной оси u – Рис 2;
 E – модуль упругости покрытия;
 z_p – прогиб покрытия;
 t – время; N – продольная сила в покрытии; z_p – приведённая масса покрытия и основания; f – демпфирование покрытия; U_z – модуль упругости основания.

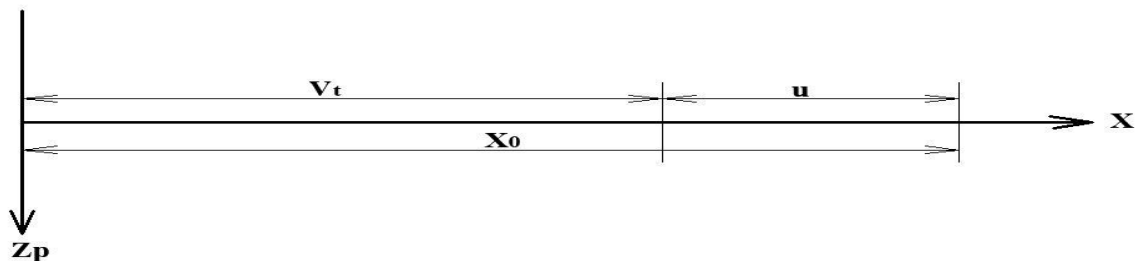
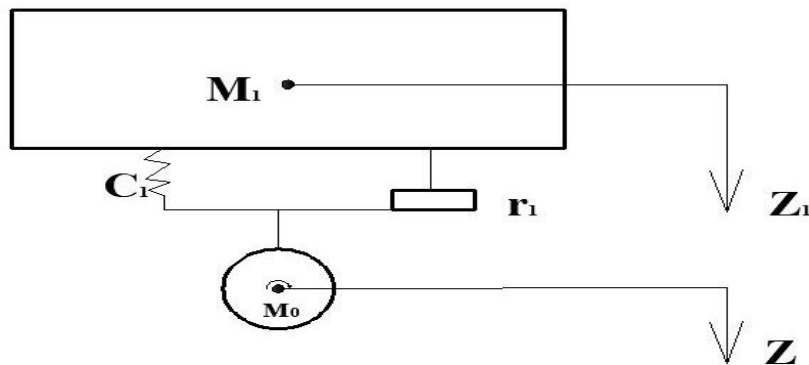


Рис 2. Система координат для расчета колебаний покрытия под воздействием транспорта

Для определения взаимодействия покрытия и движущегося транспорта рассмотрим взаимодействие с двухмассовой системой – Рис 3.



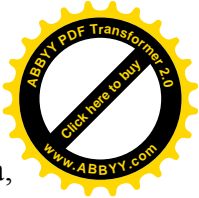


Рис 3. Динамическая система колеса с обрессоренной массой транспорта, находящейся под воздействием динамической силы Q_q .

Колебания системы под действием динамической силы Q_q выражается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} M_1 \frac{d^2 z_1}{dt^2} + r_1 \frac{dz_1}{dt} + c_1 z_1 - r_1 \frac{dz}{dt} - c_1 z = 0 \\ -r_1 \frac{d^2 z_1}{dt^2} - c_1 z_1 + M_0 \frac{d^2 z}{dt^2} + r_1 \frac{dz}{dt} + c_1 z = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Преобразуя уравнение (2) по Лапласу и принимая начальные условия нулевыми, получим систему двух алгебраических уравнений первой степени:

$$\begin{cases} z_1 (M_1 s^2 + r_1 s + c_1) - z (r_1 s + c_1) = 0 \\ -z_1 (r_1 s + c_1) + z (M_0 s^2 + r_1 s + c_1) = -Q_g \end{cases} \quad (3)$$

Передаточная функция, связывающая вертикальное смещение колеса с динамической силой выражается в следующем виде:

$$W^0(s) = -\frac{M_1 s^2 + r_1 s + c_1}{M_1 M_0 s^4 + r_1 (M_1 + M_0) s^3 + c_1 (M_1 + M_0) s^2}; \quad (4)$$

Для оценки динамических качеств системы транспорт и покрытие, которое передает ударные и колебательные усилия на подземные сооружения, используем частотную характеристику $W^0(i\omega)$, которая может быть получена из (4) заменой s на $i\omega$:

$$W^0(i\omega) = \frac{M_1 \omega^2 - i r_1 \omega - c_1}{M_1 M_0 \omega^4 - i r_1 (M_1 + M_0) \omega^3 - c_1 (M_1 + M_0) \omega^2}; \quad (5)$$

Смещение колёс в связи с прогибом покрытия равно:

$$Z(t) - Z_g(t) - \eta(t) = \xi(vt); \quad (6)$$

Преобразуем (6) по Фурье и учитывая равенства

$$\bar{Z}(t) = w_0(i\omega) \bar{Q}_g; \bar{Z}_g(t) = W_z^0(0, i\omega) \bar{Q}_g; \bar{\eta}^0(t) = \frac{C}{C_k^0} \bar{Q}_g;$$

$$\text{Получим: } \left[w_0(i\omega) - W_z^0(0, i\omega) - \frac{1}{C_k^0} \right] \bar{Q}_g = \bar{\xi};$$

Отсюда динамическая сила:

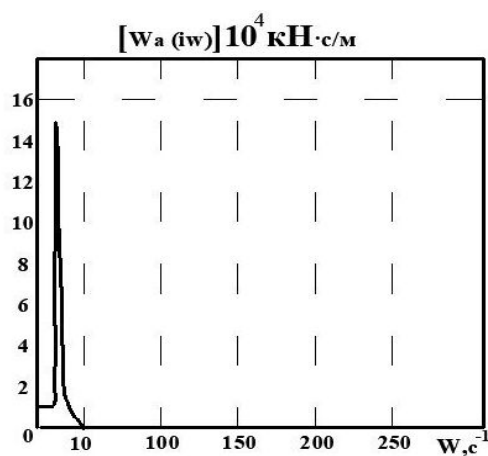
$$\bar{Q}_g^1 = w_p(i\omega) \bar{\xi}; \quad (7)$$

$$\text{где: } w_p(i\omega) = \frac{1}{W^0(i\omega) - W_z^0(0, i\omega) - \frac{1}{C_k^0}}; \quad (8)$$

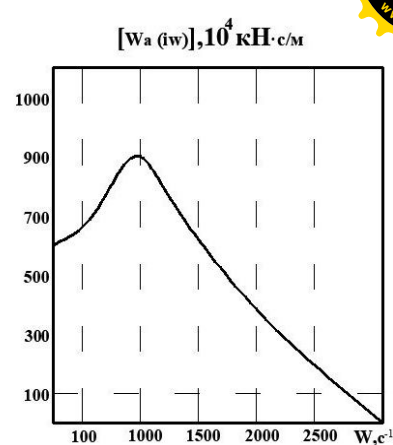
В области преобразований Фурье дифференцирование эквивалентно умножению изображений на $i\omega$, получим выражение для частотной характеристики:

$$W_Q(i\omega) = \frac{1}{w^2 \left[W_z^0(0, i\omega) - W_0(i\omega) + \frac{1}{C_k^0} \right]}; \quad (9)$$

Графики на рис 4, вычислены при следующих вес транспорта: $M_1=10\,000$ кг, колес $M_0=1000$ кг; $C_1=2 \cdot 10^6$ Н/м; $r_1=9000$ Н·с/м; жёсткость в точке контакта $C_k^0=5 \cdot 10^8$ Н/м.



а)



б)

Рис 4. Модуль частной характеристики $W_{\rho}(i\omega)$ при частотах $0 \leq 300 \text{с}^{-1}$ (а) и при $300 \leq \omega 300 \text{с}^{-1}$ (б)

С увеличением скорости транспорта частотные характеристики увеличиваются и дают резкое увеличение вертикальной составляющей колебаний на подземных сооружениях. Результаты приведенных расчетов и экспериментальных исследований позволяют сделать вывод: для сохранности от воздействия транспорта с ее перспективой увеличения скорости и грузоподъемности, а так-же для увеличения сроков эксплуатации подземных коммуникаций следует слой грунта над сооружением увеличить на 0,5 м при автомобильном транспорте на 0,7 м при железнодорожном транспорте или укрепить грунт синтетическими слоями как показано рис 1.

Список литературы

1. Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог [Текст] / А.Х. Абдужабаров. – Бишкек: КАСИ, 1996. – 226 с.
2. Абдужабаров А.Х. Влияние ударных нагрузок транспорта на сейсмостойкость водопропускных сооружений [Текст] / А.Х. Абдужабаров // Вестник КГУСТА. - 2016. - 1(51). с.8-11.