

Сергей Иванович ЗИНЕВИЧ,
кандидат технических наук,
доцент,
и. о. заведующего кафедрой
"Сопроотивление материалов
и теория упругости"
Белорусского национального
технического университета

Марина Викторовна ЮГОВА,
старший преподаватель
кафедры
"Сопроотивление материалов
и теория упругости"
Белорусского национального
технического университета

**Валерий Брониславович
ВЕНЦКОВИЧ**,
заместитель генерального
директора
РУП "Гродноавтодор"

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРОВНОСТЕЙ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ МОСТОВ КАК ЭЛЕМЕНТА ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ

STUDY OF THE BRIDGE SURFACE IRREGULARITIES AS AN ELEMENT OF DYNAMIC EFFECTS

Уровень состояния дороги во многом определяется ровностью дорожной одежды. Неровная поверхность покрытия кроме негативного воздействия на скорость, комфорт и безопасность движения увеличивает динамическое воздействие автомобиля на конструкцию дорожной одежды и мостов.

В настоящей статье приведены результаты исследования неровностей на проезжей части мостов с точки зрения их способности создавать динамическое усилие при движении транспорта.

The road condition is determined to a large extent by the evenness of a road surface. An uneven road surface except having negative effects on speed, comfort and road safety increases the dynamic effects of transport on the road and bridge constructions.

This article contains the study results of the bridge surface irregularities from the point of view of their ability to create the dynamic effects in traffic flow.

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь автомобильные дороги занимают центральное место в системе транспортных коммуникаций. Поэтому очень важно, чтобы состояние дорог находилось на должном уровне, который во многом определяется ровностью дорожного покрытия. Ровность покрытия оказывает воздействие на безопасность, скорость и комфорт движения. Неровная поверхность дорожной одежды является источником передачи колебаний на транспортное средство, в результате чего происходит ускоренный износ автомобиля и возрастает утомляемость водителя. С другой стороны, за счет колебания автомобиля усиливается его воздействие на дорогу и несущие конструкции мостов и, как следствие, ускоряется процесс их разрушения.

Вопрос влияния неровностей проезжей части дорог на автомобиль изучен достаточно хорошо конструкторами автомобилей. В ряде работ проводится изучение воздействия автомобиля на дорожное покрытие [1], исследуются как сами неровности, встречающиеся на проезжей части дороги, так и силовое воздействие автомобиля на конструкцию дорожной одежды, вызванное этими неровностями. Вместе с тем эти вопросы можно считать недостаточно изученными применительно к дорожным мостам, являющимся участком дороги. Конструкция моста отличается от конструкции дороги, следовательно, и неровности на мосту по своим параметрам должны отличаться от неровностей на дороге. Размер же и форма неровностей определяют степень динамического воздействия автомобиля на мост.

Также остается неизученным вопрос зависимости долговечности мостового сооружения от наличия и ха-

рактера неровностей на его проезжей части. В результате динамического воздействия автомобиля на мост по причине неровной его проезжей части происходит вибрация конструктивных элементов моста, увеличиваются прогиб балок и напряжение в несущих элементах. Все это способствует появлению и развитию разрушений, а, следовательно, снижению срока службы моста.

Для изучения указанных вопросов были поставлены следующие задачи:

- 1) выполнить анализ существующих приборов и методов измерения и оценки ровности проезжей части дорог, выбрать оптимальный из них для исследования неровностей на мосту;
- 2) исследовать неровности на проезжей части мостов с точки зрения их способности создавать динамическое усилие при движении транспорта, сравнить их с неровностями на дороге;
- 3) исследовать зависимость воздействия транспорта на конструктивные элементы моста от характеристик неровностей на его проезжей части;
- 4) исследовать зависимость динамического коэффициента от длины пролетного строения моста.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Анализ существующих приборов и методов измерения и оценки ровности проезжей части дорог, выбор оптимального из них для исследования неровностей на мосту

В настоящее время существует достаточно большое количество приборов для оценки ровности проезжей части автомобильных дорог, которые можно разделить на два класса. К первому относятся приборы, непосред-

ственно измеряющие геометрические размеры неровностей (прямые рейки, профилометры, профилографы и др.), ко второму — приборы, измеряющие колебания или перемещения отдельных элементов автомобиля, вызванные неровной поверхностью проезжей части дороги (различные разновидности толчкомеров).

Наиболее оптимальным для решения поставленной задачи будет прибор, позволяющий непосредственно замерять геометрические характеристики неровностей и, в частности, высоту выступов и их форму, а также расстояние между выступами. Таким прибором может быть обычная прямая рейка с шаблоном. Помимо измерения геометрических характеристик неровностей при помощи дорожной рейки можно сделать оценку ровности участка дороги в соответствии с методикой [2]. Сравнивая данные измеренной ровности для двух участков между собой, можно определить, где ровность лучше.

Таким образом, для исследования неровностей на мостах была выбрана прямая рейка. С целью повышения точности результатов измерения глубины впадин, а также для возможности измерять расстояние между выступами с длиной волны более 3 м вместо стандартной трехметровой рейки использовали пятиметровую.

2 Исследование неровностей на проезжей части мостов с точки зрения их способности создавать динамическое усилие при движении транспорта

Замеры для исследования неровностей проводились на ряде мостов автомобильных дорог Гродненской и Минской областей. Для сравнения характеристик неровностей на мостах и на дороге замеры выполнялись также на подходах к мосту (на расстоянии 150–200 м от моста).

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

— неровности на проезжей части мостов по своим характеристикам отличаются от неровностей на проезжей части дороги. Они имеют меньшую длину волны и более резкое очертание по форме. Такие неровности в большей степени чем длинноволновые плавные неровности создают эффект трамплина, когда воздействие автомобиля на дорогу можно рассматривать как удар;

— высота неровностей на проезжей части мостов колеблется от 1 до 20 см и более.

3 Исследование зависимости воздействия транспорта на конструктивные элементы моста от характеристик неровностей на его проезжей части

Прежде чем приступить к исследованию зависимости силы воздействия автомобиля на мост от характеристик неровности на его проезжей части, необходимо было провести классификацию форм неровностей на дорожном покрытии мостов. Такая классификация позволила выделить наиболее характерные типы неровностей, по которым и проводились дальнейшие исследования. Анализ результатов измерения неровностей на проезжей части мостов показал, что они носят случайный характер распределения и поэтому невозможно установить какой-либо закономерности в отношении их количества, размеров и формы.

Вместе с тем, рассматривая неровности с точки зрения их способности создавать динамическое усилие

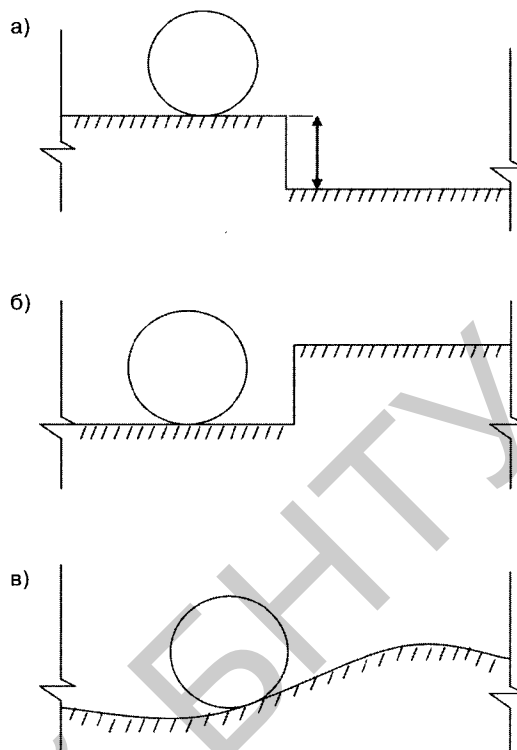


Рис. 1. Характерные типы неровностей на проезжей части мостов

от движущегося транспорта, можно выделить три характерных типа неровностей в виде (рис. 1):

- а) трамплина;
- б) уступа;
- в) плавного подъема.

Каждый из этих типов неровностей создает неодинаковые по характеру воздействия на мост усилия от движущегося транспорта.

При неровностях типа а воздействия автомобиля на мост можно рассматривать как удар. Хотя высота выступов на проезжей части относительно небольшая, сила может быть весьма значительной за счет скорости автомобиля.

Эффект удара могут создавать не только резко очерченные неровности типа а, но и плавные неровности типа в. При определенном сочетании форм неровностей и скорости движения автомобиля последний может отрываться от поверхности проезжей части (подпрыгивать), что также вызывает воздействие на мост в виде удара.

Что касается неровностей типа б, то можно отметить, что в реальных условиях такие резко очерченные формы маловероятны. Если они и имеют место, то быстро сглаживаются колесами автомобиля, переходя в неровности типа в, т. е. к плавным.

Изучение силового воздействия автомобиля на конструкцию дорожной одежды при движении по плавным неровностям выполнено К. Б. Абрамовичем [1]. Авторы же статьи исследуют неровности, вызывающие воздействие на конструктивные элементы моста, которое можно рассматривать как удар от падения автомобиля весом F с высоты h (рис. 2).

Для исследования использовали упрощенную методику расчета на удар, в соответствии с которой вычисляли динамический коэффициент, показывающий, во сколько раз динамическое усилие при ударе больше усилия от статически приложенной силы, равной весу

падающего груза F . Динамический коэффициент k_d определяли по формуле

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{y_{ст}}}, \quad (1)$$

где h — высота падения груза (неровности), мм;
 $y_{ст}$ — прогиб балки, мм, при статическом приложении груза, определяемый по формуле:

$$y_{ст} = \frac{F \cdot l^3}{48E \cdot I_x},$$

здесь l — длина балки, м;
 I_x — момент инерции балки, см⁴;
 E — модуль упругости материала балки МПа.

Первой задачей было определение зависимости динамического коэффициента k_d от высоты падения груза (неровности) h . Исследовались балки длиной 6 и 9 м. С целью упрощения расчетов вместо железобетонной испытания проводились на металлической двутавровой балке № 60 с модулем упругости $E = 200$ ГПа и моментом инерции $I_x = 76\,806$ см⁴.

Что касается нагрузки на мост, то она варьировалась в широком диапазоне — от веса мотоцикла до веса большегрузного автомобиля. Для расчетов принималась условная нагрузка $F = 100$ кН.

Результаты определения зависимости динамического коэффициента k_d от высоты падения груза h для балок длиной 6 и 9 м представлены на рис. 3. Из графика видно, что с увеличением высоты падения груза h увеличивается и динамический коэффициент k_d . Причем при меньшем пролете моста для балки длиной 6 м с увеличением h динамический коэффициент растет в большей степени, чем для балки длиной 9 м. Сами же значения k_d для каждой конкретной высоты h у шестиметровой балки больше, что демонстрирует влияние пролета моста на динамический коэффициент k_d .

4 Исследование зависимости динамического коэффициента от длины пролетного строения моста

При исследовании зависимости динамического коэффициента от длины пролетного строения моста расчет значений k_d проводился для высот падения груза 1, 5, 10 и 20 см. В качестве исследуемой длины пролетного строения была выбрана длина типовых мостовых балок: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 и 33 м. Результаты расчетов представлены на рис. 4.

Из графика на рис. 4 видно, что динамический коэффициент в значительной степени зависит от высоты падения груза h и длины пролетного строения L в интервале 3–9 м. Назовем этот интервал зоной повышенной чувствительности динамического коэффициента к степени неровности поверхности проезжей части и длине пролета. В интервале 9–18 м чувствительность динамического коэффициента к изменению h и L заметно снижена. Назовем этот интервал зоной умеренной чувствительности динамического коэффициента к изменению h и L . При длине пролета более 18 м динамический коэффициент в малой степени зависит от изменения высоты падения груза и длины пролета. Соответственно длины пролетов более 18 м можно отнести

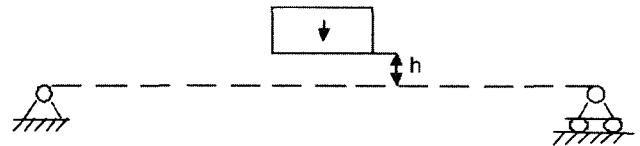


Рис. 2. Расчетная схема для определения динамического коэффициента

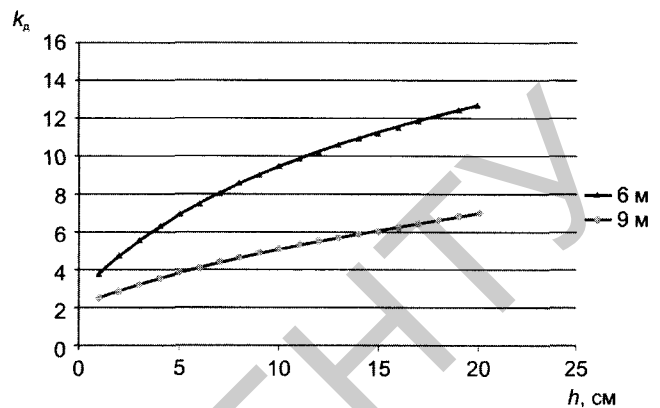


Рис. 3. График зависимости динамического коэффициента от высоты падения груза (неровности)

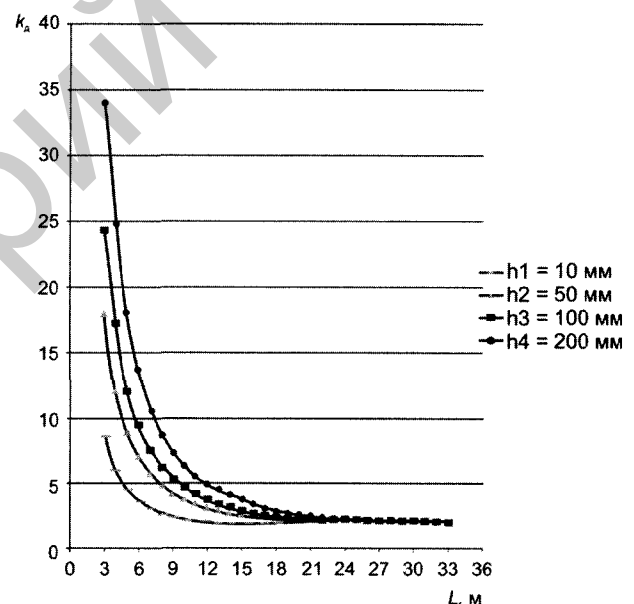


Рис. 4. График зависимости динамического коэффициента от высоты падения груза (неровности)

к зоне малой чувствительности динамического коэффициента к изменению h и L .

Таким образом, выполненные расчеты и их анализ показывают, что наибольшую опасность неровности представляют на проезжей части мостов с длиной пролета до 9 м включительно. В этом интервале длин пролета с ростом h динамический коэффициент может увеличиваться в десятки раз, а, следовательно, будут увеличиваться в такой же степени деформации и напряжения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы.

- 1 Неровности на проезжей части мостов по своим характеристикам отличаются от неровностей на проез-

- жей части автомобильной дороги. Высота их колеблется от 1 до 20 см и более. Неровности имеют меньшую длину волны, более резкое очертание по форме, в большей степени чем длинноволновые плавные неровности дороги создают эффект трамплина, когда воздействие автомобиля на дорогу можно рассматривать как удар.
- 2 Неровности на мосту имеют случайный характер распределения как по величине, так и по форме. Вместе с тем по динамическому воздействию на конструктивные элементы моста их можно классифицировать на неровности, создающие давление и удар.
 - 3 Наиболее интенсивно динамический коэффициент растет при увеличении высоты падения от 0 до 10 см.
 - 4 Наибольшая чувствительность динамического коэффициента к степени неровности характерна для мостов с длиной пролета до 9 м включительно. Следовательно, к таким мостам должны предъявляться повышенные требования по ровности дорожного покрытия.
 - 5 В целом ровность на мостах, как правило, хуже ровности на подходах к нему, т. е. на дороге. На мостах больше следов от ямочного ремонта, что свидетельствует о более интенсивном разрушении покрытия. Одной из основных причин этого можно считать вибрацию пролетного строения из-за динамического воздействия автомобиля, движущегося по неровной проезжей части [3]. На основании этого можно предположить, что неровная проезжая часть является причиной, способствующей разрушению и самих конструкций мостов. Таким образом, долговечность мостового сооружения в том числе зависит и от ровности его проезжей части. Следовательно, для продления сроков службы мостового сооружения необходимо систематически контролировать и при необходимости исправлять неровности покрытия его проезжей части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович, К. Б. Исследование образования и развития волнообразных неровностей на автомобильных лесовозных дорогах с гравийным покрытием и их влияние на технико-эксплуатационные показатели работы автотранспорта: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.06.02 / БТИ. — Минск, 1975. — 24 с.
2. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий: ГОСТ 30412-96. — Введ. 01.10.1997. — Минск: МНТКС, 1997. — 10 с.
3. Леонович, И. И. Влияние ровности дорожного покрытия на плавность движения автомобиля / И. И. Леонович, И. В. Нестерович // Труды БГТУ. СЕР. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. — Минск, 2001. — Вып. IX. — С. 68–73.

Статья поступила в редакцию 15.10.2009.