

Зинченко Е.В., Овчинников И.Г., д-р техн. наук,
Овчинников И.И., канд. техн. наук

ВИБРОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА МОСТАХ

Аннотация. Рассматривается применение вибродиагностического комплекса для оценки состояния дорожной одежды на мостовых сооружениях. На реальной задаче показано, что применение данной методологии позволяет диагностировать поврежденные участки по изменению динамических характеристик.

Ключевые слова: дорожная одежда, ездовое полотно, мосты, диагностики, повреждения.

Анотація. Розглядається застосування вібродіагностичного комплексу для оцінки стану дорожнього одягу на мостових спорудах. На реальній задачі показано, що застосування даної методології дозволяє діагностувати пошкоджені ділянки по зміні динамічних характеристик.

Ключові слова: дорожній одяг, їздове полотно, мости, діагностики, пошкодження.

Annotation. The application vibrodiagnostic complex to assess the state of the pavement on bridges is considered. On the real task is to show that the application of this methodology to diagnose the damaged areas according to change the dynamic characteristics is efficiency.

Key words: pavement, bridges, diagnosis, damage.

Задача оценки состояния и поведения дорожной одежды на пролетном строении мостового сооружения является весьма актуальной, так как обследование и анализ существующих конструкций дорожной одежды большинства автодорожных мостов показывают, что применяемые конструкции дорожной одежды и технологии их выполнения не обеспечивают требуемой долговечности. Сроки службы асфальтобетонных покрытий на мостах часто оказываются значительно короче, чем на автомобильных дорогах.

Так на некоторых крупных мостах ресурс долговечности дорожных покрытий уже через 3–4 года эксплуатации составляет 50–60%, в то время как в Дании они на аналогичных мостах служат при соответствующем содержании до 15–20 лет, а в Германии есть примеры и более длительного срока службы.

Ниже рассматривается динамическое поведение дорожной одежды на эстакаде со сталежелезобетонными пролетными строениями, в которой в процессе эксплуатации появились такие повреждения, как дугообразная трещина длиной 5,0 м с раскрытием до 10 см и наплыв по кромке проезжей части; локальные деформации проезжей части в виде наплывов и волн; дугообразная трещина длиной 1,5 м с раскрытием до 8 см и наплыв по кромке проезжей части.

Возможными причинами появления и развития этих повреждений могут быть: большие продольные и поперечные уклоны; зона торможения; наличие центробежных сил на кривых; отсутствие сцепления пакета асфальтобетонных слоев с гидроизоляцией; высокие температуры окружающей среды и интенсивность движения; возможный пропуск сверхнормативных нагрузок.

Также следует учитывать, что дорожная одежда на мостовом сооружении деформируется не только от действия колес движущегося транспорта, но и от совместной работы с пролетным строением и испытывает динамические воздействия от колебаний пролетного строения при прохождении транспорта.

Для оценки совместной работы дорожной одежды и проезжей части мостового сооружения было организовано экспериментальное исследование динамического поведения (амплитуд колебаний) пролетного строения мостового сооружения вместе с дорожной одеждой, вызываемого проездом подвижной автомобильной нагрузки. Для этого использовался полевой виброизмерительный комплекс, состоящий из переносного компьютера, виброакселерометров и 12-канального виброизмерительного прибора.

Определение характеристик динамического воздействия производилось путем регистрации отклика на поверхности дорожной одежды от движущейся нагрузки. Для этого датчики закреплялись на дорожной одежде мостового полотна с помощью антенных устройств в вертикальном, продольном и поперечном направлении, в 3-х взаимноперпендикулярных плоскостях, как показано на рис. 1.

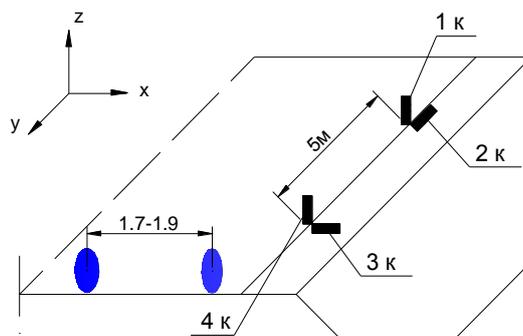


Рисунок 1 – Схема установки измерительных датчиков

Оценка динамического воздействия подвижной нагрузки на пролетное строение осуществлялась в 3 точках (рис. 2, 3, 4, 5). Схема установки измерительных датчиков в различных точках одинакова.

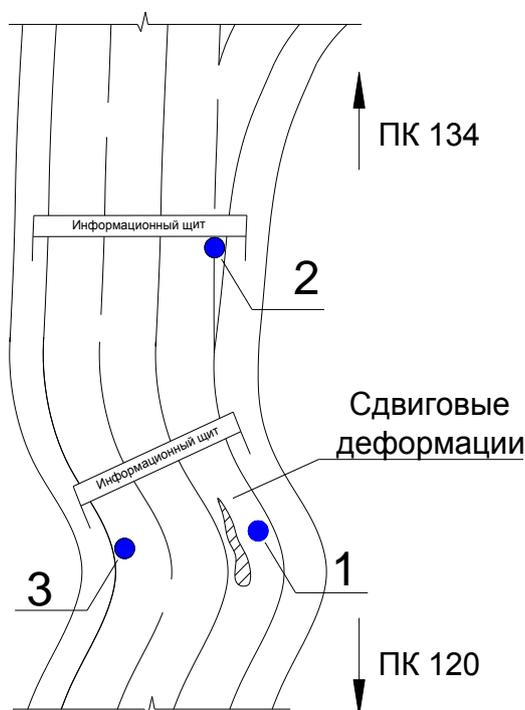


Рисунок 2 – Схема установки измерительного оборудования на эстакаде: 1, 2, 3 – точки установки измерительной аппаратуры

Динамические характеристики (амплитудно-временные характеристики – АВХ и амплитудно-частотные характеристики – АЧХ) отклика пролетного строения мостового сооружения с асфальтобетонным покрытием при проезде грузовых автомобилей на участках измерений представлены на рисунках 6 – 14. На рисунках 4, 5, 6 приведены АВХ и АЧХ ускорений для точки 1 в вертикальном, продольном и поперечном направлениях. На рисунках 7, 8, 9 приведены АВХ и АЧХ ускорений для точки 3 соответственно в вертикальном, продольном и поперечном направлениях.

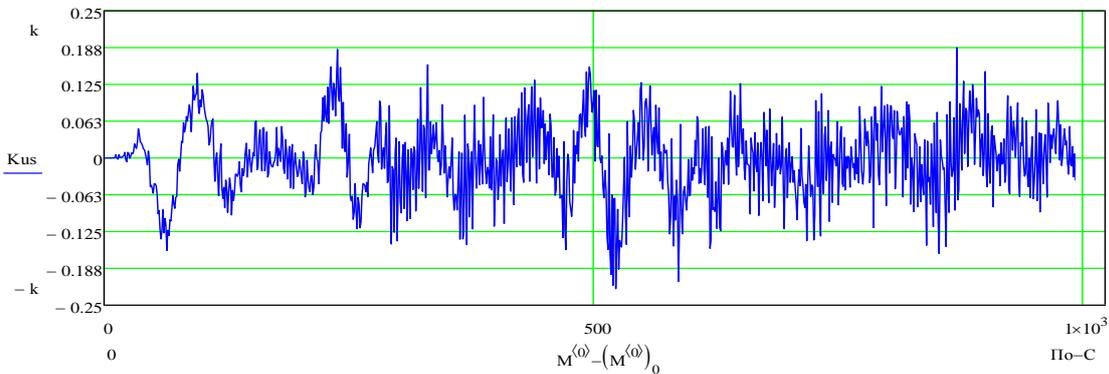
File:Эстакада: точка №1

[проезд трёхосного грузового автомобиля по ближней полосе и трёх легковых по дальней]

C: = 243000 По: = C+1023 вертикально

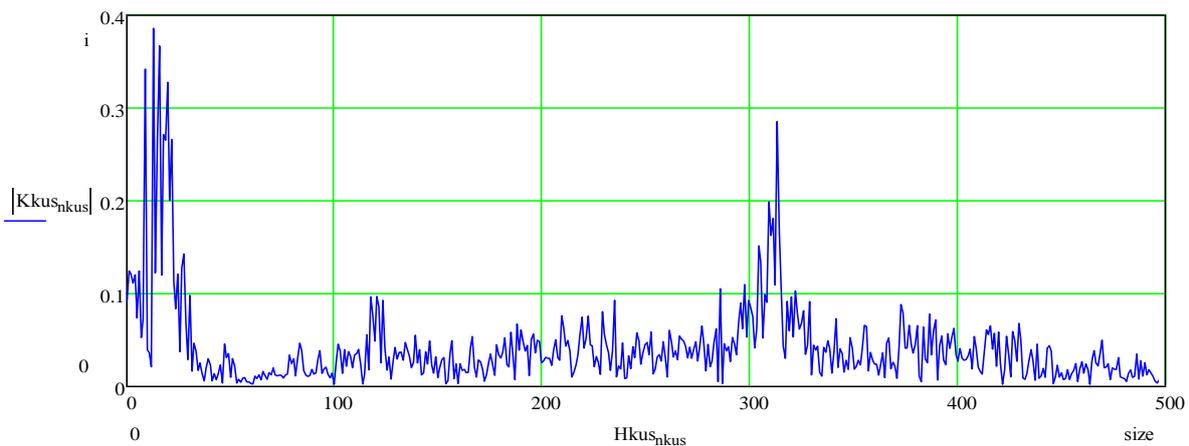
amplitude-time acceleration

Z_acceleration_X(0)_Y(5,00)_Z(0) max [A] = 0.222 sensor 21 [Z] channel 01



amplitude-frequency acceleration

integral [A] = 51.706 integral [A²] = 4.202 integral [H] = 21.744 Hmax = 13



amplitude-frequency acceleration

max U = 1.144*10⁻⁵ integral [H] = 5.778 Hmax = 13

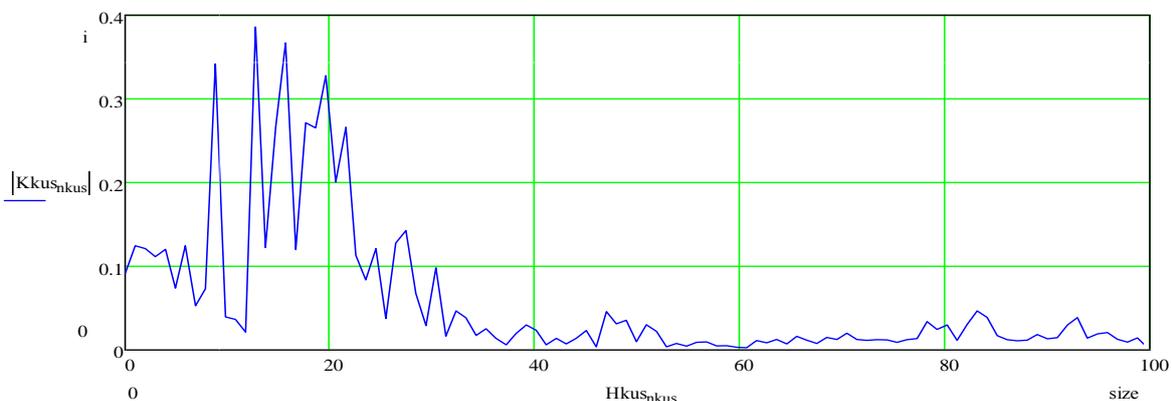


Рисунок 4 – АВХ и АЧХ ускорений в вертикальном направлении точки №1

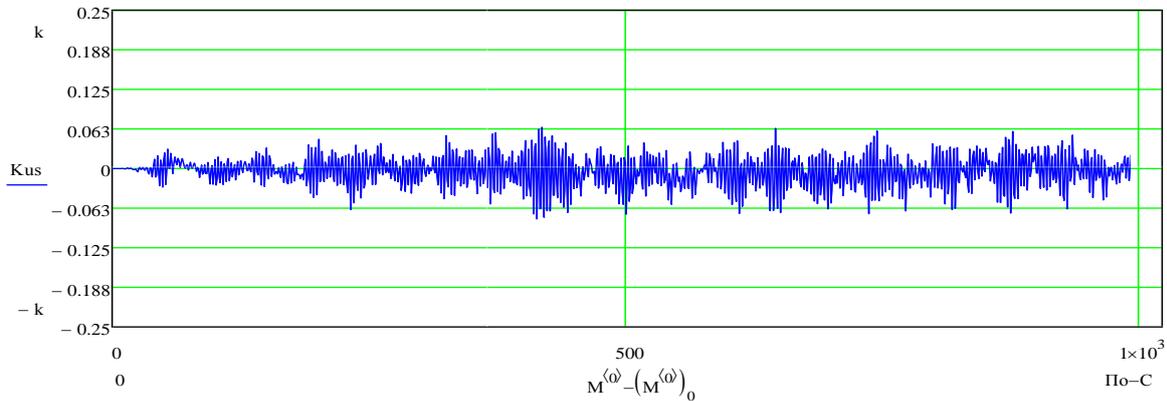
File:Эстакада: точка №1

[проезд трёхосного грузового автомобиля по ближней полосе и трёх легковых по дальней]

C: = 243000 По: = C+1023 продольно

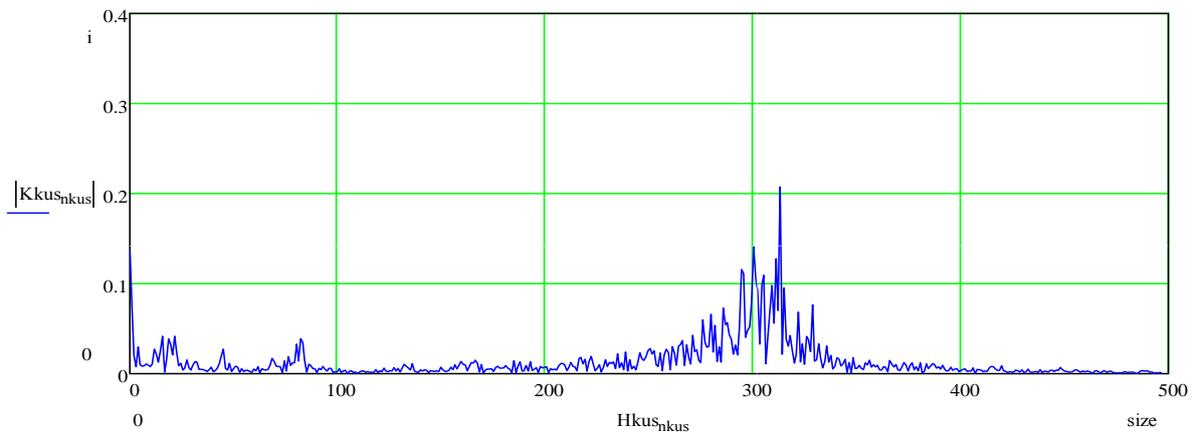
amplitude-time acceleration

Z_acceleration_X(5)_Y(0)_Z(0) max [A] = 0.08 sensor 22 [Z] channel 02



amplitude-frequency acceleration

integral [A] = 20.525 integral [A²] = 0.653 integral [H] = 6.604 Hmax = 326



amplitude-frequency acceleration

max U = 1.087*10⁻⁶ integral [H] = 1.175 Hmax = 16;21

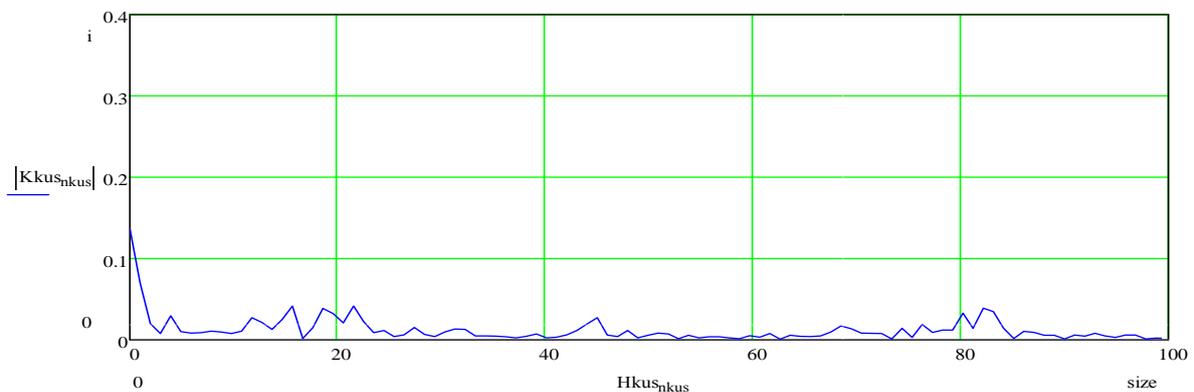


Рисунок 5 – АВХ и АЧХ ускорений в продольном направлении точки №1

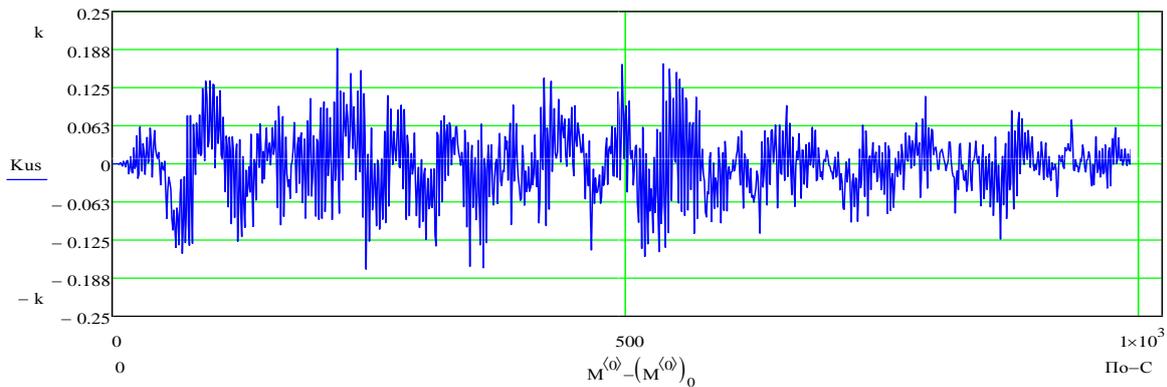
File:Эстакада: точка №1

[проезд трёхосного грузового автомобиля по ближней полосе и трёх легковых по дальней]

C: = 243000 По: = C+1023 поперечно за пять метров до первого канала

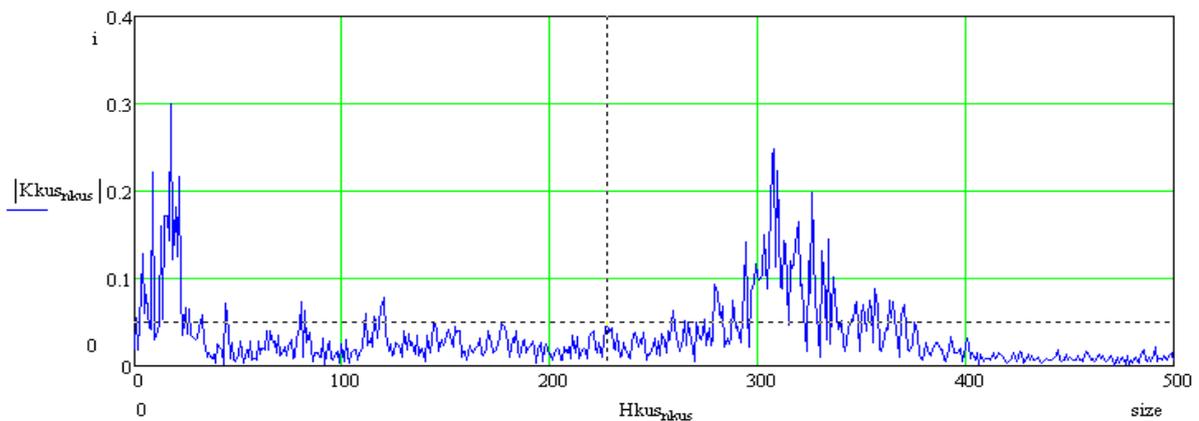
amplitude-time acceleration

Z_acceleration_X(0)_Y(0)_Z(0) max [A] = 0.189 sensor 25 [Z] channel 03



amplitude-frequency acceleration

integral [A] = 42.529 integral [A²] = 3.041 integral [H] = 17.413 Hmax = 18



amplitude-frequency acceleration

max U = 6.776×10^{-6} integral [H] = 4.297 Hmax = 18

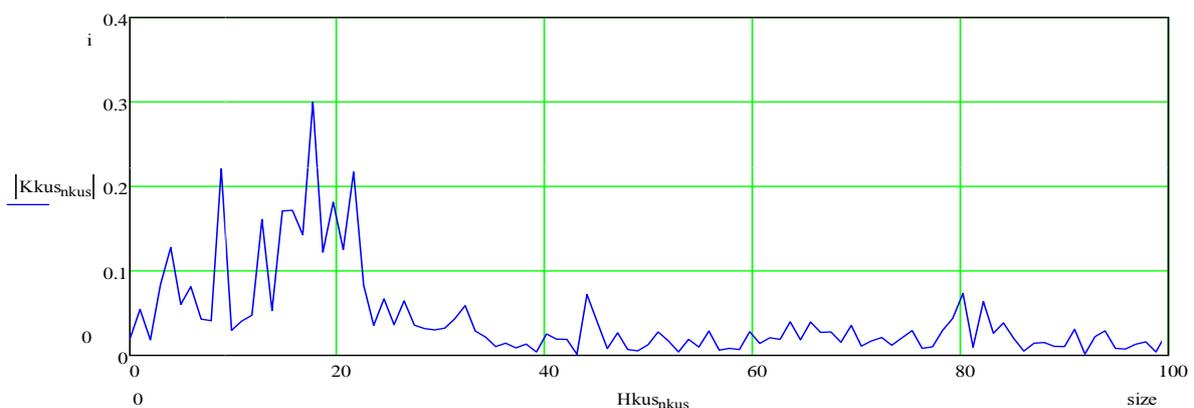


Рисунок 6 – АВХ и АЧХ ускорений в поперечном направлении точки №1

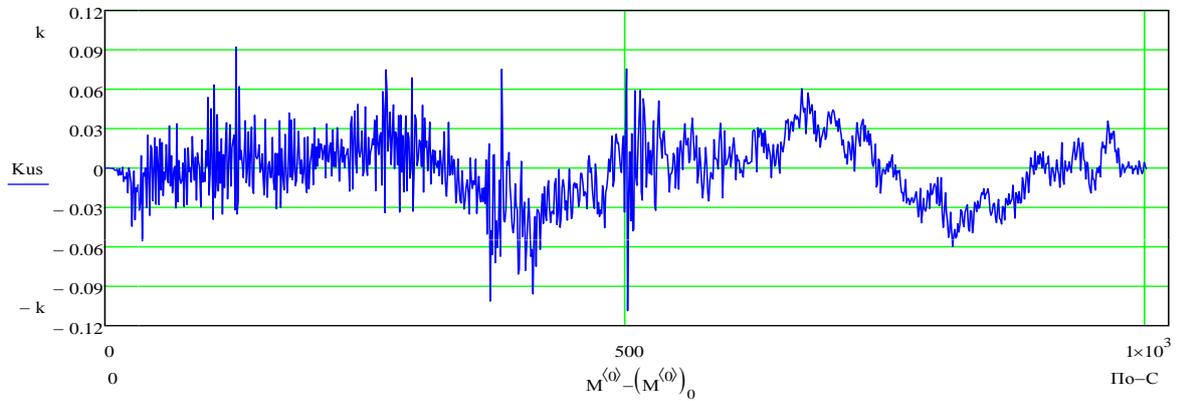
File:Эстакада: точка №3

[проезд шестиосного грузового автомобиля]

C: = 194000 По: = C+1023 вертикально

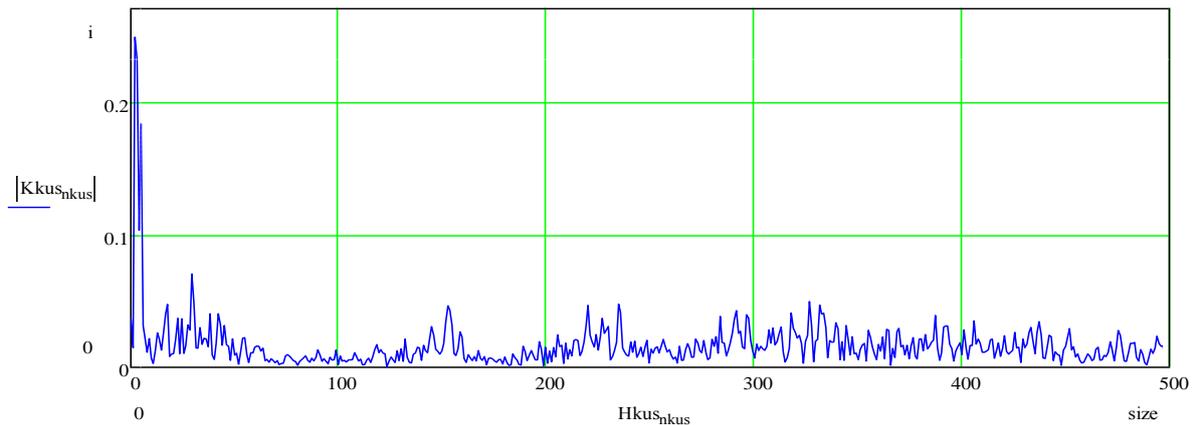
amplitude-time acceleration

Z_acceleration_X(0)_Y(5,00)_Z(0) max [A] = 0.109 sensor 21 [Z] channel 01



amplitude-frequency acceleration

integral [A] = 20.286 integral [A²] = 0.664 integral [H] = 8.088 Hmax = 2



amplitude-frequency acceleration

max U = 1.19×10^{-6} integral [H] = 2.14 Hmax = 2

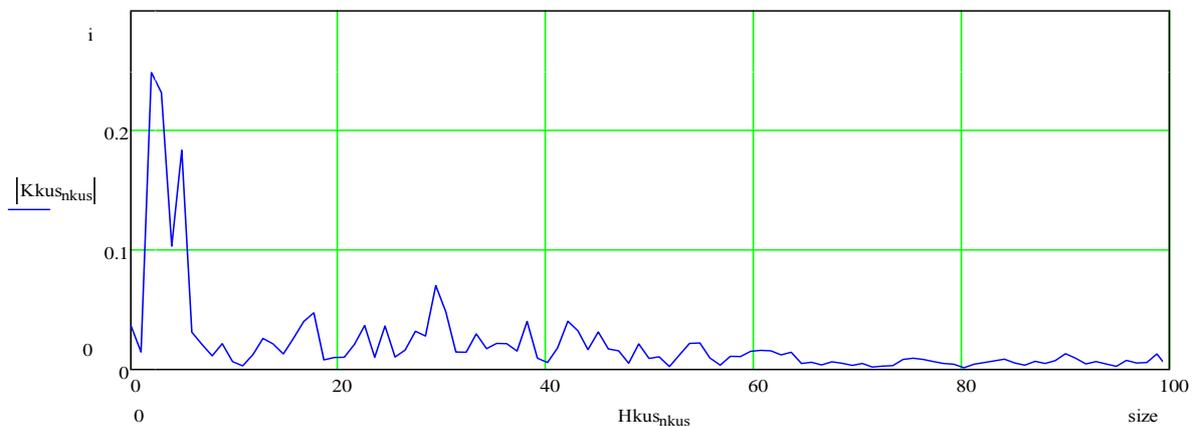


Рисунок 7 – АВХ и АЧХ ускорений в вертикальном направлении точки №3

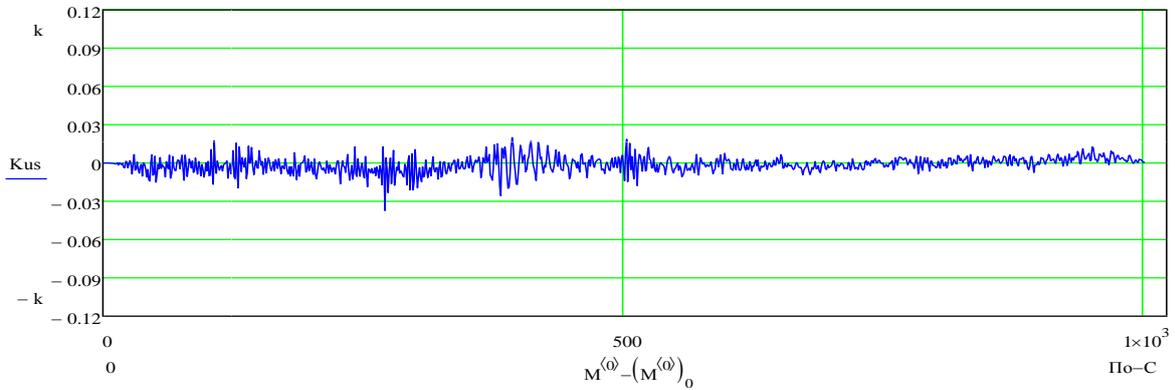
File: Эстакада: точка №3

[проезд шестиосного грузового автомобиля]

C: = 194000 По: = C+1023 продольно

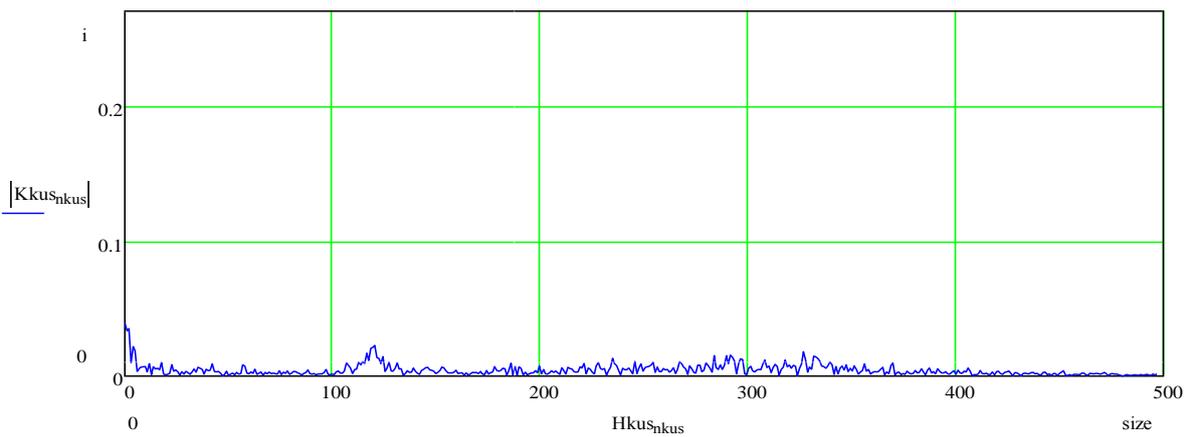
amplitude-time acceleration

Z_acceleration_X(5)_Y(0)_Z(0) max [A] = 0.037 sensor 22 [Z] channel 02



amplitude-frequency acceleration

integral [A] = 4.815 integral [A²] = 0.026 integral [H] = 2.185 Hmax = 1



amplitude-frequency acceleration

max U = 2.015*10⁻⁷ integral [H] = 0.431 Hmax = 1

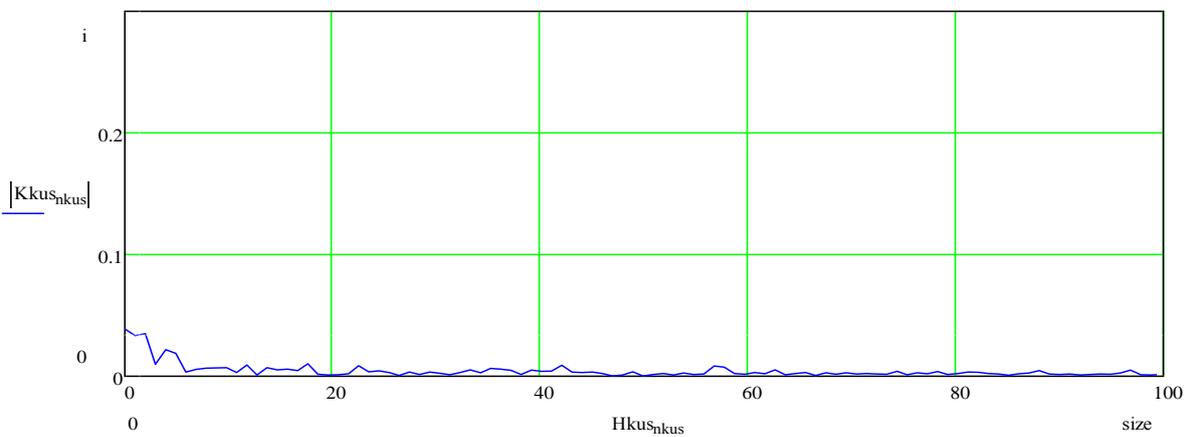


Рисунок 8 – АВХ и АЧХ ускорений в продольном направлении точки №3

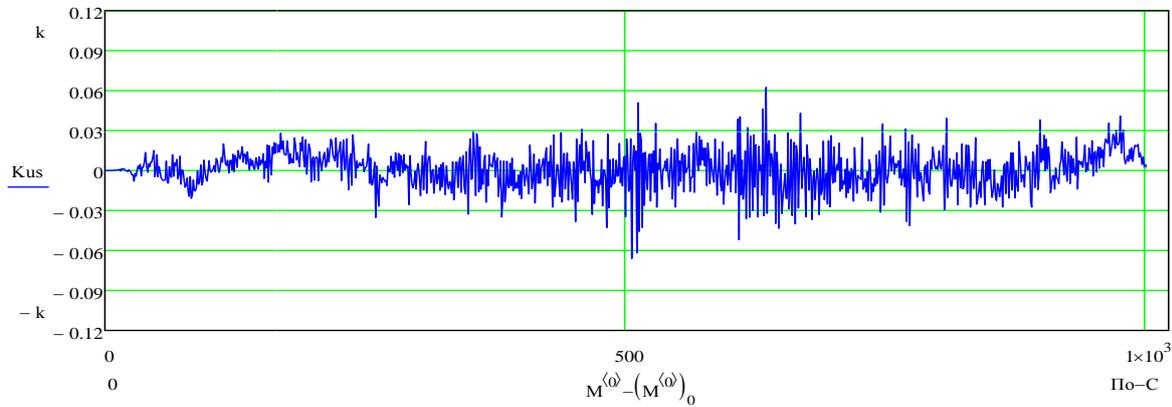
File: Эстакада: точка №3

[проезд шестиосного грузового автомобиля]

C: = 193300 По: = C+1023 поперечно за пять метров до первого канала

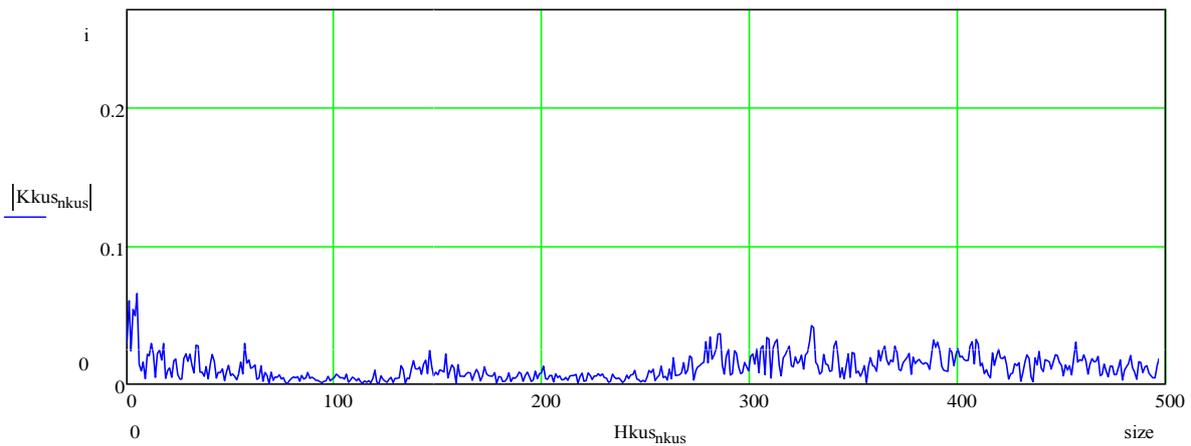
amplitude-time acceleration

Z_acceleration_X(0)_Y(0)_Z(0) max [A] = 0.066 sensor 25 [Z] channel 03



amplitude-frequency acceleration

integral [A] = 11.891 integral [A²] = 0.219 integral [H] = 4.685 Hmax = 5



amplitude-frequency acceleration

max U = 6.139*10⁻⁷ integral [H] = 1.529 Hmax = 5

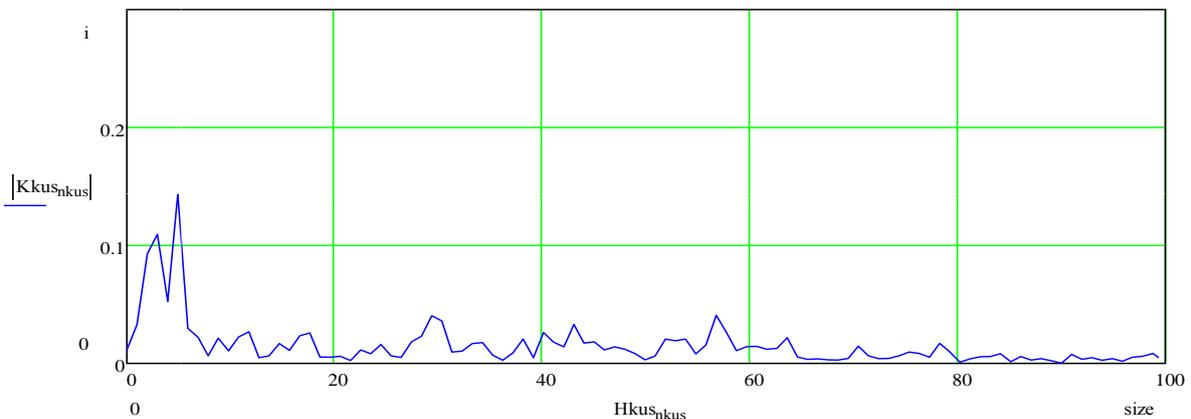


Рисунок 9 – АВХ и АЧХ ускорений в поперечном направлении точки №3

Анализ результатов испытаний пролетного строения в рассматриваемых точках в трех направлениях: вертикальном, продольном и поперечном свидетельствуют о рассогласованном восприятии подвижной нагрузки слоями дорожной одежды и плитой проезжей части пролетного строения, что свидетельствует об отсутствии сцепления между нижним слоем асфальтобетона и защитно-сцепляющим слоем.

При обеспеченном сцеплении дорожной одежды с плитой проезжей части вся конструкция пролетного строения колеблется совместно с дорожной одеждой как единое целое и в ходе испытаний с использованием виброизмерительного комплекса регистрируются колебания мостовой конструкции (например, в точке 3 регистрируются преимущественно вертикальные колебания с частотой 2 – 4 Гц, рисунки 7, 8, 9). В случае отсутствия сцепления асфальтобетонного покрытия с пролетным строением мостового сооружения при установке датчиков на поверхность дорожной одежды регистрируются колебания именно слоев дорожной одежды, частоты которых значительно выше.

Особенно выпукло рассогласование работы дорожной одежды и плиты проезжей части пролетного строения проявилось при испытаниях в точке 1, где в вертикальном, продольном и поперечном направлениях регистрируются колебания с частотами 13 – 16 Гц и 260 – 300 Гц (рисунки 4, 5, 6). Как показывает фоторегистрация (рис. 10), около точки 1 имеют место сильные сдвиговые деформации дорожной одежды, влияние которых и привело к образованию повреждений на поверхности дорожной одежды.



Рисунок 10 – Повреждение дорожной одежды, вызванное нарушением ее сцепления с плитой проезжей части

В точке 2 в продольном направлении амплитуды колебаний снижены. Однако существенные амплитуды колебаний в вертикальном и поперечном направлениях указывают о начале развития процесса отслаивания асфальтобетонного покрытия.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что с помощью виброизмерительного комплекса можно обнаруживать повреждения дорожной одежды на мостовом сооружении, приводящие к ее отслаиванию от плиты проезжей части.