

УДК 625.084: 62-75.001.57

Сравнение наиболее нагруженных состояний обечайки гибкого и жесткого вальцов дорожного катка

А.А. Головнин

С целью определения влияния конструктивных особенностей гибкого вальца на напряжения в его обечайке произведено сравнение наиболее нагруженных состояний обечайки гибкого и жесткого вальцов. Проведен сравнительный анализ напряженно-деформированных состояний обечайки гибкого и жесткого вальцов дорожного катка при опирании гибкого вальца на две опоры своими краями — как наиболее тяжелый возможный случай. Установлено, что деформации в обечайке гибкого вальца плавно распределены по всей поверхности обечайки. Линии равных перемещений расположены преимущественно вдоль образующих обечайки, которая принимает форму эллипса. Для обечайки жесткого вальца характерны малые перемещения на всей ее поверхности, за исключением участка приложения нагрузки в точке ее опоры. Имеется участок с большим градиентом перемещений, на котором возможна потеря устойчивости вследствие чрезмерной деформации.

Ключевые слова: виброволновой каток, обечайка вальца, конечно-элементная модель, упругость, деформирование.

With the purpose of definition of influence of design features flexible pipes on pressure in it the comparison of the loaded condition flexible and rigid pipes is made.

The comparative analysis is intense-deformed of condition flexible and rigid pipes of road compactor are carried out on two supports by the edges, as the heaviest possible case.

Is established, that the deformations of flexible pipe are smoothly distributed on its surface. The lines of equal moving are located mainly along forming pipe, which takes the form of an ellipse. For rigid pipe the small moving on its surface are characteristic, except for a site of the appendix of loading in a point of its support. There is a site with the large gradient of moving, on which the loss of stability owing to excessive deformation is possible.

Keywords: vibrowave road compactor, flexible pipes, limit-element model, elasticity, deformed.

Деформируемость обечайки гибкого вальца дорожного катка и связанные с ней малая материалоемкость и другие положительные качества [1] проявляются в большей мере при уменьшении ее толщины. Однако чрезмерное уменьшение толщины обечайки может вызвать уменьшение ее долговечности и прочности. С целью определения влияния конструктивных особенностей гибкого вальца на напряжения в его обечайке произведено сравнение наиболее нагру-

ГОЛОВНИН
Алексей Алексеевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная графика» (Тверской государственный технический университет)

женных состояний обечаек гибкого и жесткого вальцов.

В качестве вариантов нагружения, при которых возникают наиболее нагруженные состояния, учитывается возможность наезда краем вальца на жесткую опору (например, бордюрный камень или выступающий люк колодца). Проведен сравнительный анализ напряженно-деформированных состояний обечайки гибкого и жесткого вальцов дорожного катка при опирании гибкого вальца на две опоры своими краями — как наиболее тяжелый возможный случай.

Напряженно-деформированное состояние обечаек гибкого и жесткого вальцов дорожного катка определялось матричным методом перемещений, расчеты произведены с помощью программы APM Structure3D [2]. Обечайка рассматривалась как толстостенная труба, разбитая из 60 сегментов по окружности, 21 сегмент — по длине и 1 сегмент — по толщине.

На обечайку 1 жесткого вальца вес катка передается через жестко соединенные с ней диски 2 (рис. 1, а), которые наряду с жесткостью самой обечайки придают ей повышенную жесткость. В расчетной схеме (рис. 1, а) диски представлены в виде закреплений, запрещающих перемещения в плоскости дисков и не ограничивающих перемещения перпендикулярно плоскости дисков и любые повороты.

Вес виброволнового катка (рис. 1, б) передается на обечайку 1 через установленные на внутренней раме 3 вальца три опорных ролика, два из которых 4 смещены к торцам обечайки, а третий 5, сдвоенный, размещен в центре обечайки. Крайние и сдвоенный центральный ролики размещены по разные стороны от вертикальной продольной плоскости обечайки [3]. Центральный ролик снабжен эксцентриковым валом с гидроприводом для возбуждения вибрационного воздействия на обечайку. Воздействие каждого ролика на нее представлялось силовым воздействием в соседних узлах, расположенных на расстоянии друг от друга, равном ширине роликов (90 мм) (при выбранном разбиении на сегменты — в двух соседних узлах). Принималось, что ролики отстоят от торца обечайки на 1, 2 и так далее до 6-го ряда, т. е. на 90, 180° и так далее до 540 мм. Угол γ разведения роликов от вертикальной продольной плоскости симметрии принимался равным 12°.

В результате расчетов получены карты напряжений в обечайках жесткого и деформируемого вальцов дорожного катка (рис. 2). Карты напряжений снабжены шкалами изоуровней с указанием диапазона напряжений в каждом изоуровне.

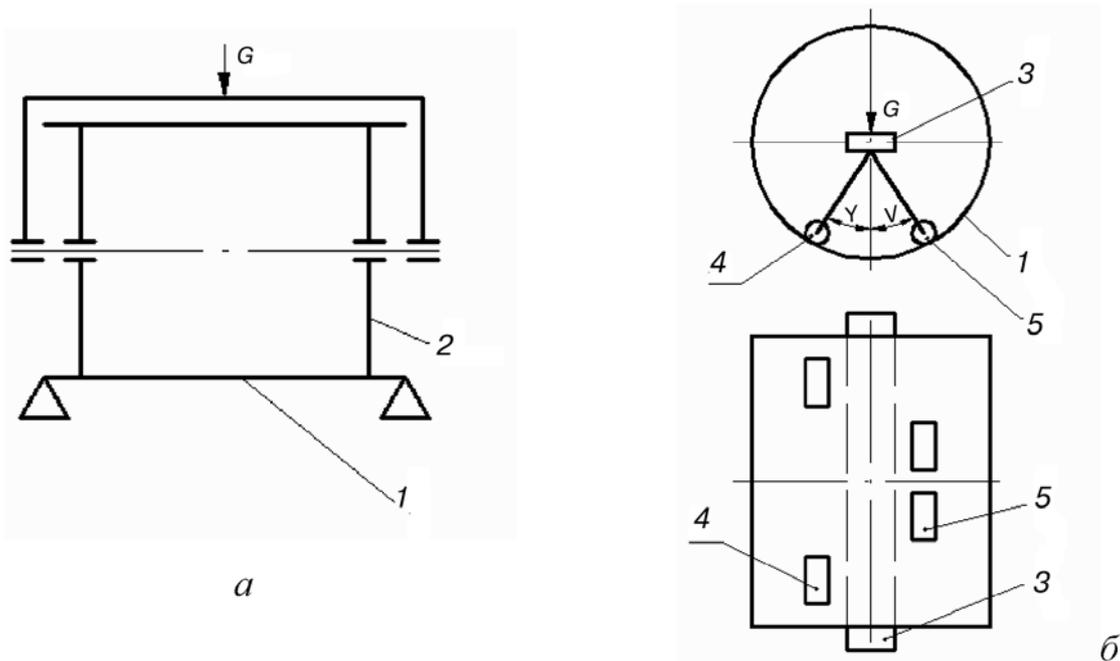


Рис. 1. Расчетные схемы жесткого (а) и деформируемого (б) вальцов

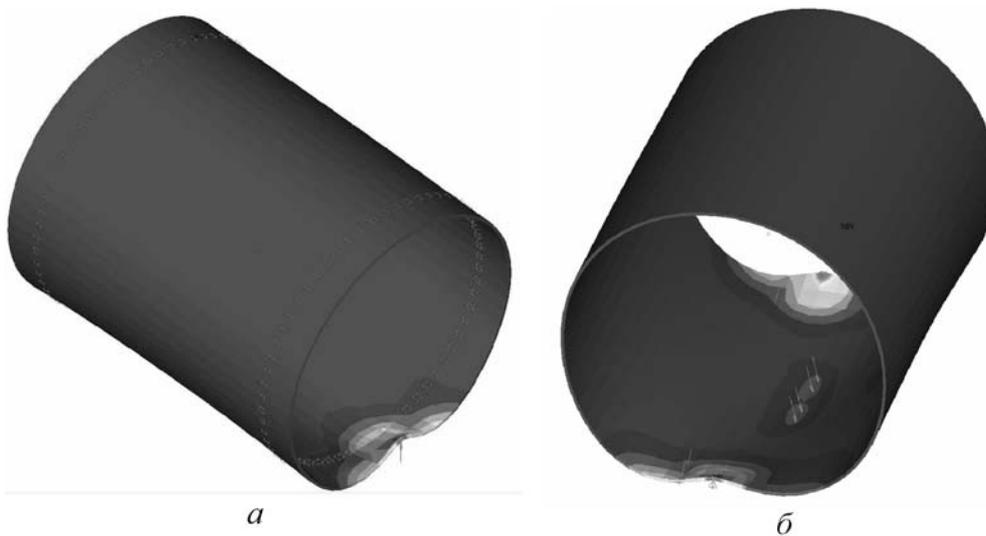


Рис. 2. Карты напряжений жесткого (а) и деформируемого (б) вальца при опирании на две точки опоры

На рис. 3 представлены зависимости максимальных напряжений в обечайке от удаления роликов или дисков от торца обечайки, построенные по данным, взятым из соответствующих карт напряжений. Сравнение проведено для обечаек толщиной 8, 14 и 32 мм, равной толщине выпускаемых отечественной промышленностью труб для магистральных трубопроводов.

Анализ полученных зависимостей показывает, что по мере приближения дисков к тор-

цам обечайки жесткого вальца напряжения вначале плавно, а затем резко уменьшаются, стремясь к нулю.

По мере приближения роликов к торцам обечайки гибкого вальца напряжения в обечайке уменьшаются незначительно (менее 6%). Это указывает на то, что природа напряжений в меньшей мере связана с плечом приложения реакции опоры вальца относительно края ролика и, по-видимому, вызвана местными напряже-

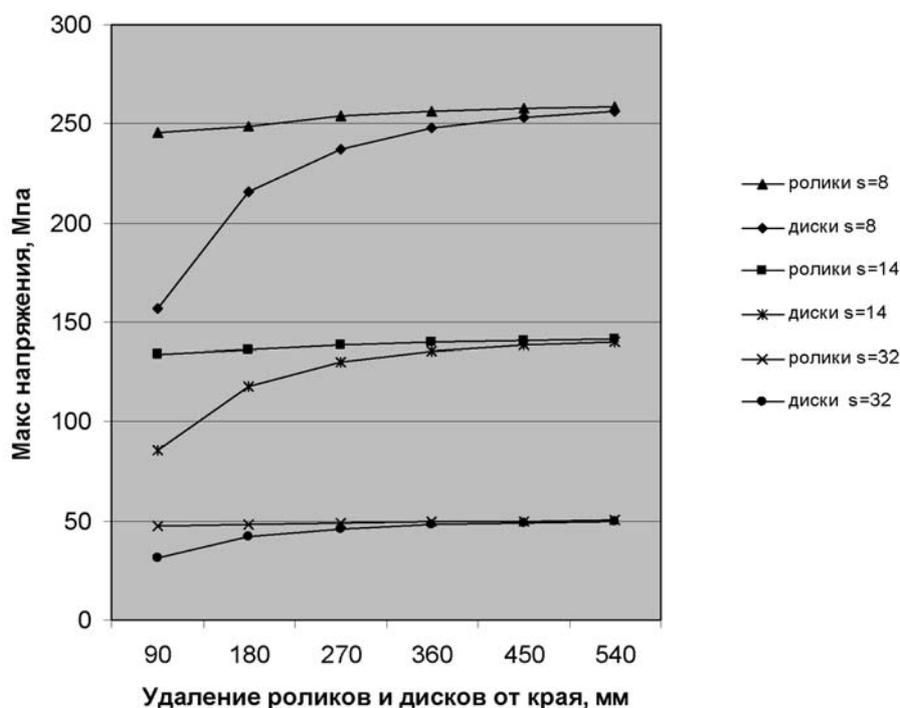


Рис. 3. Зависимость максимальных напряжений в обечайке от удаления роликов или дисков от торца обечайки

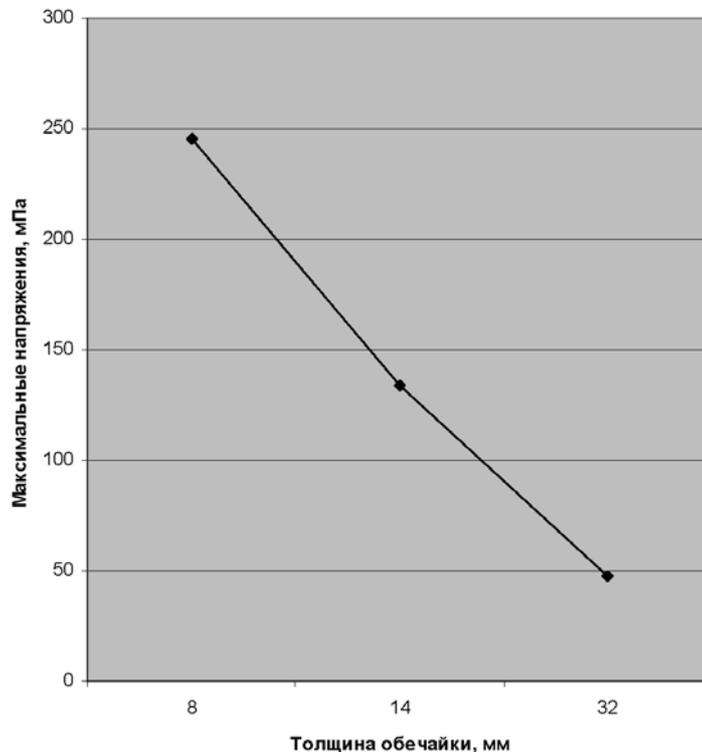


Рис. 4. Зависимость напряжений в обечайке от толщины при угле отклонения роликов 12°

ниями от реакции обечайки в местах контакта с роликами.

Для принятых параметров обечайка гибкого вальца нагружена сильнее обечайки жесткого вальца. При толщине обечайки 32 мм и удалении роликов или дисков от торца обечайки на 90 мм превышение напряжений по отношению к напряжениям с дисками составляет 52%, при удалении роликов или дисков от торца обечайки на 180 мм — уже 16%, 270 мм — 7%, 360 мм — 3%, 450 мм — 1% и 540 мм — 0,6%. Аналогичная картина для обечайки толщиной 14 мм: 56, 15, 7, 3, 2 и 0,9%. Те же цифры и для обечайки толщиной 8 мм. Можно заметить, что при удалении от торца обечайки на 270 мм условия работы жесткой или деформируемой обечайки становятся практически одинаковыми.

При увеличении толщины обечайки напряжения в ней уменьшаются. Увеличение толщины обечайки с 8 до 14 мм, т. е. в 1,75 раза, при прочих одинаковых условиях приводит к уменьшению максимальных напряжений в 1,83 раза, а увеличение ее толщины с 14 до 32 мм, т. е. еще в 2,29 раза, приводит к уменьшению максимальных напряжений еще в 2,82 раза (рис. 4).

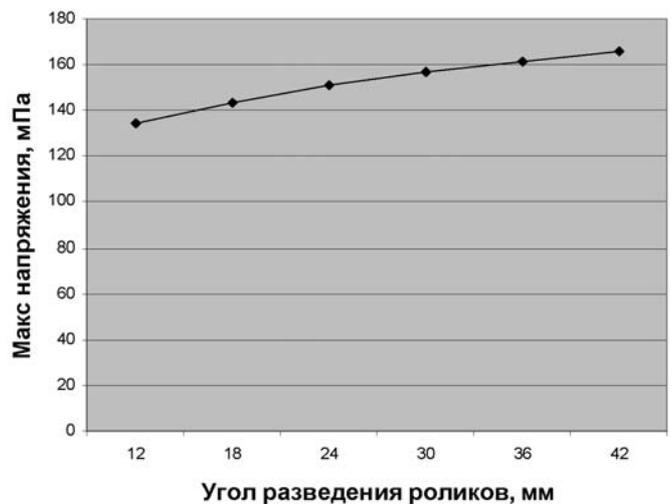


Рис. 5. Зависимость максимальных напряжений в обечайке от угла разведения роликов для обечайки толщиной $s = 14$ мм

Для оценки влияния угла отклонения роликов от вертикальной продольной плоскости симметрии обечайки на напряжения в ней на рис. 5 представлена зависимость максимальных напряжений в обечайке толщиной 14 мм от угла отклонения γ в диапазоне 12—42°. Увеличение угла отклонения γ роликов от 12 до 42° ведет к увеличению максимальных напряже-

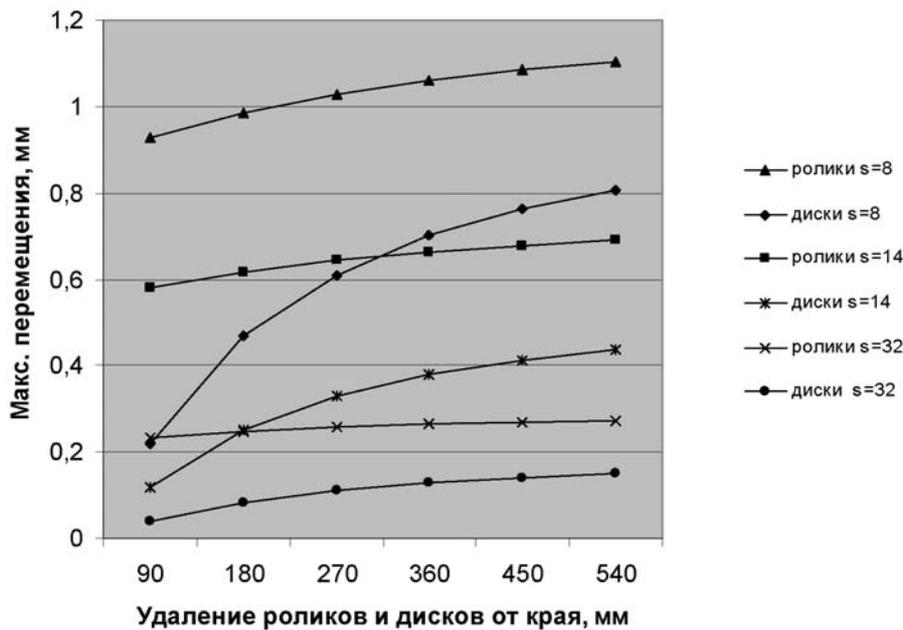


Рис. 6. Зависимость максимальных деформаций обечайки от удаления роликов или дисков от торца обечайки

ний на 23%, что существенно влияния удаления роликов от торца обечайки с 90 до 540 мм, которое приводит к увеличению на 6%.

На рис. 6 представлена зависимость максимальных перемещений в обечайке от удаления роликов или дисков от торца обечайки, рассчитанная при тех же параметрах, что и напряжения.

Естественно, что перемещения в обечайке гибкого вальца больше перемещений в обечайке жесткого вальца. При этом максимальные перемещения для жесткой обечайки при удалении дисков от торца обечайки растут существенно, чем перемещения для деформируемой

обечайки при таком же удалении роликов от торцов обечайки.

Для обечайки толщиной 32 мм при удалении роликов от ее торца на 90 мм перемещения по отношению к перемещениям жесткой обечайки с дисками увеличивается в 4,87 раза, при удалении на 180 мм — уже в 1,95 раза, далее — в 1,33 раза, в 1,06 раза, 91% и 82%. Аналогичная картина для обечайки толщиной 14 мм: в 3,92 раза, в 1,45 раза, 95, 75, 64 и 58%. Несколько меньшие отличия для обечайки толщиной 8 мм: в 3,24 раза, в 1,1 раза, 68, 51, 42 и 37%. Эти цифры показывают, что деформации обечайки гибкого вальца заметно отличаются от

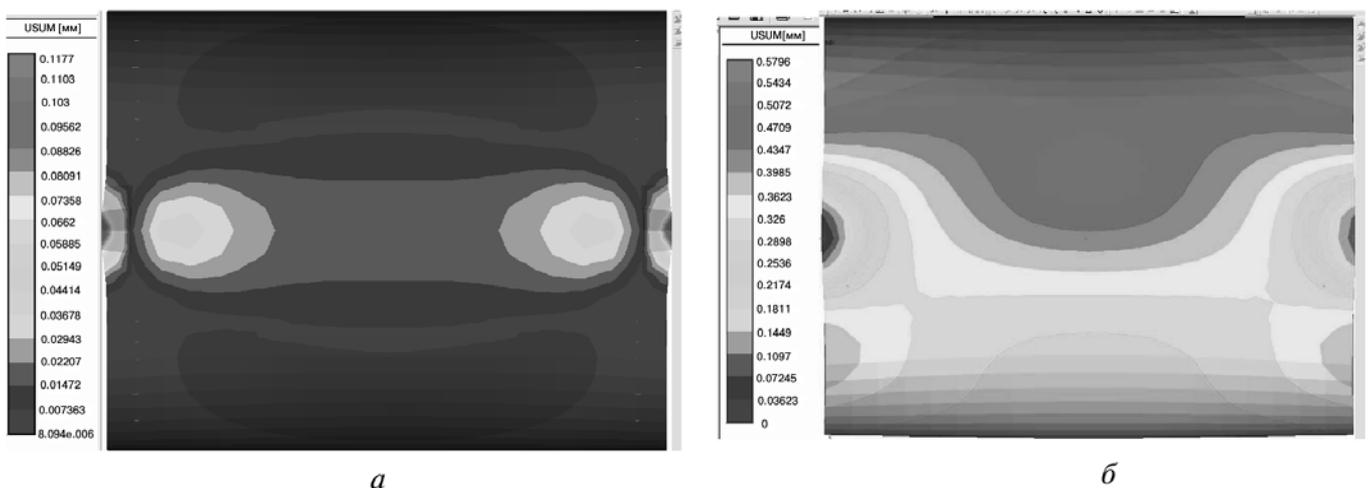


Рис. 7. Карты перемещений жесткого (а) и деформируемого (б) вальцов при опирании на две точки опоры

деформаций обечайки жесткого вальца как по величине, так и по характеру изменений. Хотя при удалении от торца обечайки роликов или дисков разница в перемещениях и уменьшается, но все же остается значительной. Перемещения в обечайке жесткого вальца при уменьшении расстояния дисков от торца обечайки до нуля стремятся к нулю, что объяснимо с позиций представления обечайки в виде балки, работающей на изгиб. Перемещения в обечайке гибкого вальца при увеличении расстояния роликов от торца обечайки асимптотически увеличиваются на 17–19%, что говорит о незначительном влиянии положения роликов на деформированное состояние обечайки, т. е. о неприменимости модели балки, работающей на изгиб, для описания условий работы обечайки с роликами.

Предположение о разном характере и разной природе происхождения напряжений и перемещений в обечайке жесткого и гибкого вальцов иллюстрируется картами напряжений (см. рис. 1) и перемещений (рис. 7). Карта перемещений построена для размещения дисков или роликов на расстоянии 90 мм от торца обечайки. Карта перемещений обечайки гибкого вальца получена для отклонения роликов от вертикальной плоскости на 12° . На ней видно, что деформации в обечайке гибкого вальца плавно распределены по всей поверхности обечайки (рис. 7, б). Линии равных перемещений расположены преимущественно вдоль образующих обечайки, которая принимает форму эллипса. Для обечайки жесткого вальца характерны малые перемещения на всей ее поверхности, за исключением участка приложения нагрузки в точке ее опоры. Имеется участок с большим градиентом перемещений, на котором возможна потеря устойчивости вследствие чрезмерной деформации.

Для обечайки толщиной 14 мм на рис. 8 представлен график зависимости максимальных перемещений от угла разведения роликов от вертикальной продольной плоскости симметрии в диапазоне $12\text{--}42^\circ$. Увеличение угла разведения роликов в указанном диапазоне ведет к увеличению максимальных перемещений в 3,16 раза. Это значительно (на 19%) больше

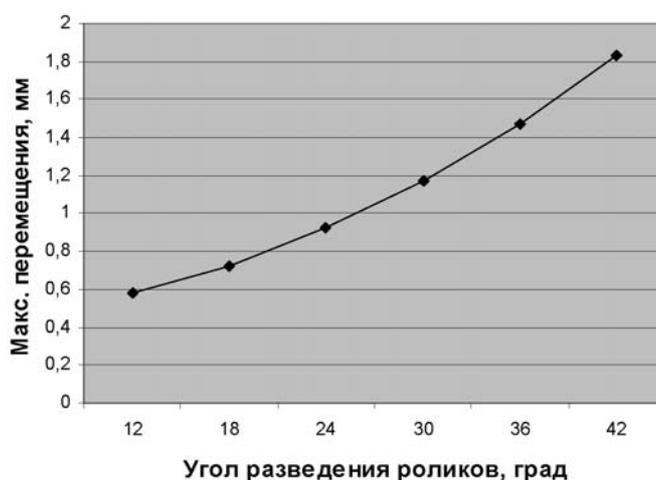


Рис. 8. Зависимость максимальных перемещений от угла разведения роликов от вертикальной продольной плоскости симметрии

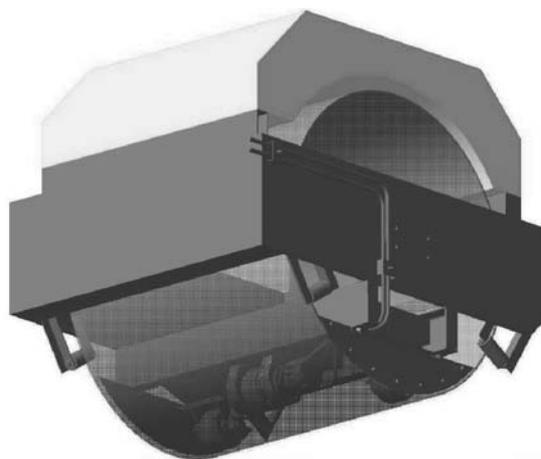


Рис. 9. Схема вальца катка дорожного виброволнового KB-03

увеличения перемещений от удаления роликов от торца обечайки с 90 до 540 мм. По-видимому, такой результат связан с тем, что обечайка цилиндрической формы обладает большой жесткостью при изгибе ее оси (ее образующие при деформации остаются прямолинейными) и малой жесткостью при деформации ее формы в поперечном сечении. Это еще раз подтверждает полученный в процессе эксплуатации дорожного катка вывод о том, что деформируемость обечайки гибкого вальца не сказывается отрицательно на ровности получаемого дорожного покрытия.

Результаты проведенного исследования были учтены при разработке и изготовлении опытного образца вальца катка дорожного виброволнового KB-03 (рис. 9), предназначенного для уста-



Рис. 10. Каток СД-802 с установленным на нем вальцом катка КВ-03

новки на статические катки СД-802, ДУ-47, ДУ-48 и т. п. вместо направляющего вальца с целью повышения эффективности уплотнения дорожных оснований и асфальтобетонных покрытий путем придания статическому катку свойств вибрационного. Валец катка может быть также использован в качестве прицепной машины, приводимой в движение базовым трактором Т-150К или другим тягачом с гидроприводом. На рис. 10 показан общий вид катка СД-802 с установленным на нем вальцом катка КВ-03 катка, а на рис. 11 показано размещение



Рис. 11. Опорный ролик вибровального вальца катка, смещенный к торцу обечайки (не приводной)

опорного ролика вибровального вальца катка, смещенного к торцу обечайки внутри обечайки вибровального вальца.

Список литературы

1. Головнин А.А., Волков Д.И., Першин В.С. Вибровальной валец дорожного катка КВ-01 // Строительные и дорожные машины. 1999. № 5. С. 16—17.
2. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: АПМ, 2005. 469 с.
3. Патент № 2254409 РФ. МПК E01C19/28. Валец дорожного катка / А.А. Головнин. Оpubл. 20.06.2005. Бюл. № 17.

Статья поступила в редакцию 08.12.2008 г.