

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036197**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.13

(51) Int. Cl. *E01B 27/13* (2006.01)

(21) Номер заявки
201800294

(22) Дата подачи заявки
2016.12.29

(54) **СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ ЩЕБЁНОЧНОЙ ПОСТЕЛИ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ, А ТАКЖЕ ШПАЛОПОДБИВОЧНЫЙ АГРЕГАТ**

(31) А 34/2016

(56) CH-A-501776
CH-A5-585314
GB-A-2451310

(32) 2016.01.26

(33) АТ

(43) 2019.01.31

(86) PCT/EP2016/002185

(87) WO 2017/129215 2017.08.03

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПЛАССЕР ЭНД ТОЙРЕР ЭКСПОРТ
ФОН БАНБАУМАШИНЕН
ГЕЗЕЛЬШАФТ М.Б.Х. (АТ)**

(72) Изобретатель:
**Хофштеттер Йозеф, Филипп Томас
(АТ)**

(74) Представитель:
Курышев В.В. (RU)

(57) В изобретении находящийся под шпалами рельсового пути щебень (3) уплотняется в результате погружения и вспомогательного движения уплотнительного инструмента (7), совершающего колебательные движения. Подаваемые во время процесса уплотнения в щебень (3) колебательные движения регистрируются в качестве меры для уплотнения щебня. Тем самым достигается гомогенно уплотнённый рельсовый путь при различных свойствах щебня.

036197
B1

036197
B1

Настоящее изобретение касается способа уплотнения щебёночной постели рельсового пути с помощью уплотнительного инструмента, осуществляющего колебательные движения, а также шпалоподбивочного агрегата для уплотнения щебня.

Согласно патенту АТ 513973 В1 известен шпалоподбивочный агрегат для уплотнения щебня рельсового пути. При этом положение главного цилиндра, дополняющего уплотнительный инструмент, определяется с помощью измерителя расстояния. Включение вспомогательного цилиндра осуществляется с помощью путевого сенсора. Для достижения оптимального уплотнения изменяются амплитуда колебания и частота колебания уплотнительного инструмента в зависимости от дополнительного положения.

В патенте АТ 515801 В1 описываются качественные показатели твёрдости щебня. При этом изображается сила смещения вспомогательного цилиндра в зависимости от конечного пути и определяется необходимый показатель через расход энергии. В соответствии с этим рассматривается через этот показатель энергия, передаваемая через главный цилиндр щебню. Таким образом, однако, не учитывается энергия, которая теряется в системе.

Большая часть энергии, однако, используется для ускорения и торможения уплотнительного инструмента. В результате этого, возникает квадратная зависимость инерции и частоты вибрирующего уплотнительного инструмента. Следовательно, указанный показатель зависит, в первую очередь, от конструктивных особенностей уплотнительного инструмента. Возможна при этом сопоставимость с другими уплотнительными инструментами. Существенным является недостаток в том, что этот показатель не показывает степень уплотнения щебня. Точнее получают только показатель для определённого уплотнительного инструмента.

Задачей заявленного изобретения является создание способа указанного выше типа, с помощью которого можно получить улучшенный показатель уплотнения щебня с помощью уплотнительного инструмента.

Другой задачей заявленного изобретения является также создание шпалоподбивочного агрегата, имеющего уплотнительный инструмент, совершающий колебательные движения, который позволяет выполнять равномерное уплотнение щебня.

Задача, решаемая с помощью указанного способа в соответствии с заявленным изобретением, решается благодаря тому, что вибрация, передаваемая в щебень во время его уплотнения, регистрируется как мера уплотнения щебня.

Благодаря изобретательским признакам, при выгодном исключении конструктивных потерь энергии представляется возможной регистрация энергии, непосредственно передаваемой в щебень, и тем самым точный показатель достигаемого оптимального уплотнения щебня. Тем самым может быть определено максимально возможное динамическое усилие смещения точно в пределах нижнего граничного значения. Как следствие, щебень не разрушается в результате чрезмерного уплотнения и надёжно исключается отрицательное боковое перетекание щебня в продольном направлении шпал. Благодаря регистрации соответствующих данных процесса можно целенаправленно достигать необходимого дозированного вспомогательного времени и усилия смещения для желаемого уплотнения.

С помощью признаков способа в соответствии с заявленным изобретением могут в общем улучшаться в дальнейшем рабочие устройства, применяемые для уплотнения щебня, поскольку возможно точное определение (или же показатели) относительно достигаемой степени уплотнения. Тем самым достигается также при различных привязанных к условиям рельсового пути машинах для стабилизации рельсового пути, путевых машинах и уплотнительных машинах оптимальное состояние уплотнения.

Другая указанная выше задача, относящаяся к шпалоподбивочному агрегату, решается благодаря тому, что на толкателе и/или уплотнительном инструменте расположен сенсор ускорения, соединённый с блоком управления.

С помощью такой конструктивно очень просто осуществляемой оптимизации шпалоподбивочного агрегата согласуется использование необходимой для процесса подбивки энергии для желаемой степени уплотнения щебня и тем самым снижается его истирание. С помощью этого изобретения возможна автоматизация процесса подбивки при достижении качественного однородного уплотнения и равномерной опоры для шпалы.

Другие преимущества заявленного изобретения описываются в зависимых пунктах формулы изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Ниже описывается заявленное изобретение более подробно на примере его конструктивного выполнения со ссылкой на чертежи. На чертежах изображено: на фиг. 1 изображён упрощённый вид сбоку шпалоподбивочного агрегата, имеющего два установленных рядом друг с другом уплотнительных инструмента; на фиг. 2 изображён схематически уплотнительный инструмент и на фиг. 3 изображены сигналы ускорения.

На фиг. 1 изображён схематически шпалоподбивочный агрегат 1 для подбивки находящегося под рельсовым путём 2 щебёночной постели, который состоит в основном из двух толкателей 5, каждый из которых может поворачиваться вокруг оси поворота 4. Эти толкатели соединены на нижнем конце 6 соответственно с уплотнительным инструментом или же подбойкой 7, предусмотренным для проникновения в щебень 3, и на верхнем конце 8 с вспомогательным гидравлическим приводом 9.

Каждый вспомогательный гидравлический привод 9 расположен на эксцентрическом валу 11, вращающемся с помощью эксцентрического привода 10. Благодаря этому возникают вибрационные колебания, которые через вспомогательный привод 9, толкатели 5 и уплотнительное устройство 7 передаются на уплотняемый щебень 3. На нижнем конце 6 каждого толкателя 5 расположен сенсор ускорения 13, соединённый с блоком управления 12. Но он может альтернативно крепиться также на уплотнительном инструменте 7.

В другом, не показанном более подробно варианте конструктивного выполнения заявленного изобретения сенсор ускорения может располагаться также на уплотнительном инструменте, передающем вибрационные движения рельсовому пути и выполненным как стабилизатор рельсового пути.

С помощью сенсора ускорения 13 регистрируются колебательные движения во время процесса уплотнения, которые передаются в щебень 3 с помощью уплотнительного инструмента 7, как степень уплотнения щебня. Для этого измеряются силы ускорения, воздействующие непосредственно на уплотнительный инструмент 7, и передаются как сигнал ускорения на блок управления 12.

В качестве вводимого показателя в систему для определения качества уплотнения служит ускорение вибрирующего уплотнительного инструмента или же подбойки 7. В нормальном случае это устройство выполняет неравномерное движение, а функционирует в режиме нелинейной работы. Усилия передаются в щебень только в одном направлении, может происходить разлёт зёрен щебня с поверхности подбойки. В результате этого возникают скачки на диаграмме усилия, которые искажают гармонический сигнал ускорения.

Во время главного движения может рассчитываться с помощью сенсора ускорения 13 в пределах временного интервала максимально возможная степень уплотнения. Тем самым может быть получена информация, что находящийся между уплотнительными инструментами 7 щебень 3 ещё не уплотнился до максимальной степени, соответствующей определённому значению сигнала ускорения. В случае необходимости может начинаться другой этап подбивки. Выгодным образом может быть зафиксировано, что достигнуто, в частности, во время, более продолжительного участка подбивки равномерная степень уплотнения.

Действующие как возбудитель уплотнительные инструменты 7 образуют вместе с щебнем 3 как резонатором способную вибрировать систему. Резонанс динамической системы изменяется в результате уплотнения, так как изменяется жёсткость системы. С помощью возникающей частоты динамической системы может оцениваться частота резонанса. Предпочтительно также повторять эту частоту резонанса.

В качестве основы для гармонического состава и для мощности основной гармоники служит направляемый на блок управления 12 сенсором ускорения 13 сигнал ускорения. Спектр плотности мощности или же спектральная плотность мощности показывает мощность сигнала по отношению к частоте в бесконечно узком диапазоне частоты (граничная величина около нуля).

Сигналы ускорения деформируются, как только появляется нагрузка. Это проявляется в результате расчёта спектра плотности мощности и в диапазоне ниже 50 Hz она суммируется для мощности колебания основной гармоники и свыше 50 Hz для мощности высшей гармоники.

В качестве степени уплотнения щебня применяется гармонический состав. Гармонический состав гармонического синусоидального основного сигнала ускорения находится под влиянием нелинейного поведения обратного воздействия (рефлексии) щебня. Гармонический состав обозначает безразмерную величину и указывает, в какой степени мощность высшей гармоники перекрывает мощность синусоидального колебания основной гармоники.

На фиг. 3 изображены результаты оценок показателей спектральной плотности мощности (или же сокращение PSD от Power Spectral Density - спектральная плотность мощности). На фиг. 3a показана кривая сигнала ускорения при ненагруженном уплотнительном инструменте 7, на фиг. 3b и 3c при среднем или же высоком уплотнении (на оси x показано соответственно время t, на оси y показано ускорение). Для сравнения отчётливо показано изменение формы синусоидальной функции. Возрастают спектральные доли сигнала ускорения в диапазоне высшей гармоники.

Кривая спектральной плотности мощности трёх представленных сигналов ускорения показана на фиг. 3d (ось - x соответствует частоте Hz, ось - y спектру плотности мощности W/Hz). На кривой, изображённой сплошной линией, показаны доли основной частоты при 35 Hz. При выделенной штриховой кривой проявляется несколько более высоких составляющих частоты и при штрихпунктирной кривой проявляются ещё более высокие составляющие частот. Эти более высокие составляющие частоты вызывают изменения первоначального синусоидального сигнала ускорения.

Для определения спектральной плотности мощности выбираются ограниченные по времени части сигнала ускорения и подаются для расчёта спектра плотности мощности. В результате этого рассчитывается спектр плотности мощности в диапазоне частоты от 5 до 300 Hz.

Спектр плотности мощности представляется в этом случае как функция частоты

$$S_{xx} = F(2 * \pi * f).$$

Выполняется определение мощности, когда спектральная плотность мощности интегрируется в желаемом диапазоне частоты. Определяются мощность основной гармоники и гармонический состав следующим образом:

$$\text{Мощность основной гармоники} = \int_{f_0}^{f_1} F(2 * \pi * f) df$$

$$\text{Гармонический состав} = \frac{\int_{f_1}^{f_2} F(2 * \pi * f) df}{\int_{f_0}^{f_1} F(2 * \pi * f) df} = \frac{\int_{f_1}^{f_2} F(2 * \pi * f) df}{\text{мощность основной гармоники}}$$

Путём деления мощности высшей гармоники на мощность основной гармоники определяется гармонический состав, который согласуется с существующим уплотнением щебня 3. Это характеристическое значение гармонического состава показывает, насколько большей является доля мощности основной гармоники в общем сигнале ускорения.

Получаемая между основной гармоникой и высшей гармоникой граничная частота f_1 зависит от резонансной частоты механической конструкции шпалоподбивочного агрегата 1 и определяется по кривой спектра плотности мощности.

Ниже описывается оценка сигнала ускорения. Отдельные измеренные величины для дополнительного пути уплотнительного инструмента 7 и дополнительного времени для его прохождения распределяются на несколько временных интервалов. Для отдельных интервалов определяются характеристические значения для основной гармоники и для гармонического состава для переднего и заднего уплотнительного устройства 7 относительно рабочего направления путевой машины. Процесс уплотнения или же дополнительное движение уплотнительного инструмента 7 может быть остановлено выгодным образом сразу же, как только характеристическое значение гармонического состава достигает заданной величины.

Для определения полной мощности служит мощность двигателя эксцентрикового привода 10. Эта мощность определяется благодаря технике измерения его кривой давления и реактивная мощность отводится от вспомогательного привода 9, так как мощность в этом месте теряется.

Полезная мощность является необходимой для расчёта сил смещения уплотнительного инструмента 7. В дальнейшем с помощью измеренного ускорения уплотнительного инструмента 7 определяется сила, оказываемая на щебень. Она является показателем для уплотнения щебня. В основном рабочий процесс уплотнения щебня можно разделить на следующие этапы: погружение, вспомогательное движение и подъём уплотнительного инструмента 7. Собственно процесс уплотнения происходит во время вспомогательного движения.

Во время вспомогательного движения уплотнительного инструмента 7 структура зёрен щебня 3 перемешивается. Тем самым энергия уплотнения от уплотнительного инструмента 7 передаётся на щебень. Благодаря переданной щебню 3 энергии происходит перемешивание структуры зёрен и это приводит в дальнейшем к уменьшению объёма пор. Завершается перемещение щебня под шпалой, уменьшается поглощение энергии щебнем 3. После этого в большей степени рефлектируют усилия, прилагаемые уплотнительным инструментом 7, или же расположенный напротив уплотнительный инструмент 7 сильнее тормозится. Жёсткость щебня 7 повышается с возрастающей плотностью и уменьшаются зоны, в которых поглощается энергия в щебне 7 (затухание). В результате возникает большее реакционное усилие на воздействующее усилие уплотнительного инструмента 7. Если тем самым достигнуто хорошее уплотнение щебня, то может наблюдаться увеличенный расход мощности уплотнительного инструмента 7.

Действительная измеренная величина для полезной мощности (мощность, которая используется щебнем) может получаться различным образом. Например, может мощность привода измеряться через момент вращения и число оборотов эксцентрикового привода 10 и, в этом случае, отводиться израсходованная в системе реактивная мощность.

Реактивная мощность возникает, с одной стороны, благодаря внутренним потерям в результате трения и потерь в гидравлической системе, а также внутри вспомогательного привода 9, которая также служит в качестве силового ограничения для предохранения от перегрузок в системе. Если силовое ограничение активизируется, то используется больше реактивной мощности. Реактивная мощность может проявиться в результате измерения мощности вспомогательного привода 9. Для этого потребуются возникающее усилие от цилиндра, а также скорость, с которой возвращается поршневой шток по отношению к вспомогательному приводу 9. Возникающее усилие от цилиндра может проявиться благодаря двум датчикам во вспомогательном приводе 9. Датчик, расположенный в гидравлическом цилиндре, может использоваться для определения скорости в результате разового дифференцирования пути.

Определение реактивной мощности главного цилиндра выполняется путём умножения замеренного давления на соответствующую площадь и скорость (дифференцированный путь):

$$F_{\text{цил}} = (p_A * A_A - p_B * A_B) \quad V_{\text{главн. цилиндр}} = F_{\text{цил}} * dx/dt$$

Реактивная мощность вспомогательного привода 9 зависит также от выбранного вспомогательного давления. Общая реактивная мощность может определяться во время работы в зависимости от числа оборотов, вспомогательного давления и полной мощности и вводиться в многомерную таблицу в вычислительную машину. В результате этого, для определения ударной силы системы необходимо определение только момента вращения и числа оборотов. Используемая в щебне 3 мощность может тем самым рассчитываться следующим образом:

$$P_{\text{щебень}} = M_L * 2 * \pi * n_{\text{ап}} - V_{\text{главн. цилиндр}}$$

В случае гидравлически приводимых уплотнительных инструментов может оказаться целесообразным использовать гидравлическое давление эксцентрикового привода для расчёта момента вращения или же как измеряемую величину.

Во время первого включения уплотнительного инструмента 7 могут определяться с помощью специального тестового сценария тормозной момент или же потери момента. Мощность, которая передаётся в щебень 3, известна в этом месте. Значение силы уплотнения, которая является показателем получаемого качества уплотнения, зависит от ускорений уплотнительного инструмента 7. Для расчёта усилия на щебень необходима дополнительная модель соответствующего рабочего прибора, в случае путевой машины это уплотнительный инструмент 7.

Динамическое уравнение движения толкателя или же рычага подбойки 5 может быть представлено следующим равновесием моментов:

$$I_{\text{рычаг подбойки}} * a_p / r_a = F_{\text{цил}} * r_1 - F_{\text{щебень}} * r_2$$

$F_{\text{цил}}$ (см. фиг. 2) может или измеряться в режиме онлайн (если обе камеры вспомогательного привода 9 снабжены сенсорами давления) или также рассчитываться с помощью приводной мощности эксцентрикового привода 10. Ускорение a_p определяется с помощью техники измерения.

Для последующих расчётов необходимы скорость и пройденный путь уплотнительного инструмента 7. Для скорости сигнал ускорения интегрируется один раз, а для пути два раза.

Переходящая в щебень 3 во время его уплотнения с помощью уплотнительного инструмента 7 энергия может быть описана следующим образом:

$$E_{\text{инструмент}}(t) = \int F_{\text{щебень}} * \dot{u}_{\text{инструмент}}(t) * dt$$

Определённая таким образом энергия показывает использование энергии щебнем 3 во время процесса уплотнения и показывает соответствующую степень уплотнения. Если происходит конвергенция подачи энергии при определённом её значении, то щебень 3 уже не будет больше уплотняться. Для того чтобы сравнивать степень уплотнения при различных типах уплотнительных инструментов 7 между собой нормируется следующим образом энергия, затраченная на поверхности подбойки и на работающих уплотнительных инструментах 7.

$$E_{\text{подбойка.норм.}}(t) = \frac{1}{A_{\text{подбойка}} * n} * \int F_{\text{щебень}} * \dot{u}_{\text{подбойка}}(t) * dt$$

Если происходит конвергенция подачи энергии при уплотнении до нуля, то происходит изменение формы силы уплотнения по линейной характеристике пружины. Щебень 3 уже не поглощает более энергии и физическое состояние соответствует жёсткости и применяется как щебень рельсового пути модуля-Е.

Жёсткость, соответствующая возрастанию диаграммы сила-путь, показывает упругое состояние щебня 3. Определение Е-модуля щебня 3 рассчитывается с помощью линейной линии регрессии с среднеквадратичной минимизацией.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ уплотнения щебёночной постели рельсового пути (2) с помощью осуществляющего колебательные движения уплотнительного инструмента (7) шпалоподбивочного агрегата (1) для подбивки щебня (3), расположенного под рельсовым путём (2), при этом шпалоподбивочный агрегат (1) включает в себя толкатели (5), которые выполнены с возможностью поворота вокруг оси поворота (4), которые соединены на нижнем конце (6) соответственно с уплотнительным инструментом (7), предусмотренным для проникновения в щебень (3), и на верхнем конце (8) с вспомогательным гидравлическим приводом (9),

отличающийся тем, что располагают на нижнем конце (6) толкателя (5) и/или на уплотнительном устройстве (7) сенсор ускорения (13), соединённый с блоком управления (12),

регистрируют колебания, передаваемые во время процесса уплотнения в щебень (3) как степень уплотнения щебня, при этом

замеряют усилия ускорения, воздействующие на уплотнительный инструмент (7), и подают как сигнал ускорения в блок управления (12).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что определяют сигнал ускорения, соответствующий оптимальному уплотнению щебня, путём расчета спектральной плотности мощности как заданной величины уплотнения и автоматически завершают процесс уплотнения при достижении заданной величины.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что для определения спектральной плотности мощности выбирают ограниченные по времени участки сигнала ускорения и подают в расчётный блок для спектра плотности мощности.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что спектр плотности мощности рассчитывают в диапазоне

частоты от примерно 5 до примерно 300 Hz.

5. Способ по одному из пп.1-4, отличающийся тем, что определяют граничную величину f_1 , зависимую от механической конструкции уплотнительного инструмента (7), между основной гармоникой и высшей гармоникой сигнала ускорения.

6. Способ по одному из пп.2-5, отличающийся тем, что рассчитывают мощность основной гармоники и высшей гармоники путём интегрирования спектральной плотности мощности по желаемому диапазону частоты.

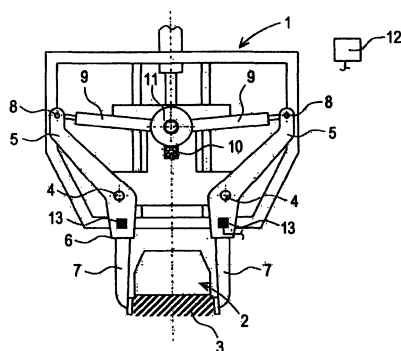
7. Способ по п.6, отличающийся тем, что путём деления мощности высшей гармоники на мощность основной гармоники определяют гармонический состав, соответствующий уплотнению щебня.

8. Способ по п.6, отличающийся тем, что с помощью умножения мощности основной гармоники на коэффициент f , определённый в зависимости от амплитуды холостого хода, определяют загрузку агрегатов (s_L), позволяющую заключить о состоянии щебня.

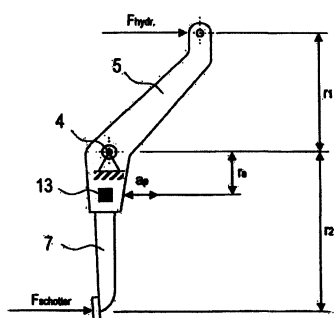
9. Способ по одному из пп.1-8, отличающийся тем, что определяют на основании кривой давления эксцентрикового привода (10) или вспомогательного привода (9) путём техники измерения мощность привода уплотнительного инструмента (7) и уменьшают её до полной мощности вспомогательного привода (9) и затем рассчитывают на уплотнительном инструменте (7) предоставляемую для уплотнения щебня (3) полезную мощность.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что противопоставляют силу уплотнения уплотнительного инструмента (сила подбивки), возникающей из полезной мощности, реакционной силе щебня, возникающей при уплотнении щебня, и автоматически завершают вспомогательное движение уплотнительного инструмента (7) после достижения граничного значения.

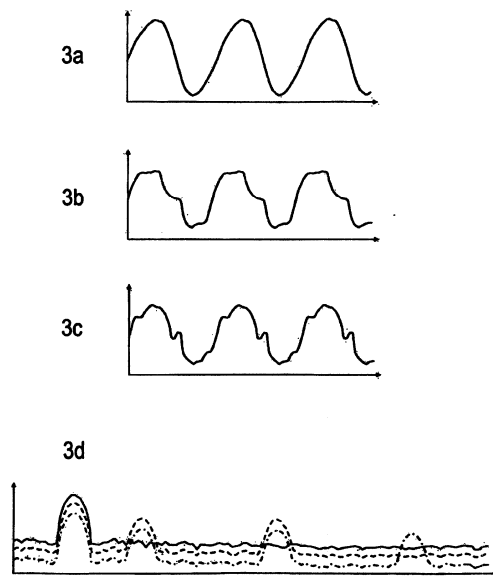
11. Шпалоподбивочный агрегат для уплотнения расположенного под рельсовым путём щебня с толкателями (5), поворачивающимися вокруг оси поворота (4), которые на нижнем конце (6) соединены соответственно с уплотнительным инструментом (7), предназначенным для проникновения в щебень (3), и на верхнем конце (8) соединены с вспомогательным приводом (9), отличающийся тем, что на нижнем конце (6) толкателя (5) и/или уплотнительном инструменте (7) расположен сенсор ускорения (13), соединённый с блоком управления (12).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

