

Варианты модернизации шпалоподбойки



Александр ШУБИН
Alexander A. SHUBIN

Павел ВИТЧУК
Pavel V. VITCHUK



Андрей СМОЛОВИК
Andrey E. SMOLOVIK

Шубин Александр Анатольевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой Калужского филиала Московского государственного технического университета (МГТУ) им. Н. Э. Баумана, Калуга, Россия.

Витчук Павел Владимирович – кандидат технических наук, доцент КФ МГТУ, Калуга, Россия.

Смоловик Андрей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент КФ МГТУ, Калуга, Россия.

Design and Analysis of Track Packing Machine Modernization (текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 84)

Представлены варианты комплексной модернизации серийной электрошпалоподбойки, позволяющие улучшить вибрационные показатели и мобильность, повысить производительность и безопасность труда при выполнении ремонтных работ на железнодорожных путях. В качестве оптимальной конструкции предлагается принципиально новая модель, сочетающая клиновый подбойник и бензиновый двигатель.

Ключевые слова: железнодорожный путь, ремонтные работы, электрошпалоподбойка, модернизация, производительность, безопасность, вибрация, конструкция с бензиновым двигателем.

При мелком ремонте на железнодорожных путях (замена шпалы, уплотнение балласта и т. п.) не обойтись без повседневного механизированного путевого инструмента, которым можно пользоваться, не останавливая движения поездов.

К механизированному путевому инструменту относят [2]: шпалоподбойки, рельсо-сверлильные и рельсошлифовальные станки, гайковерты, пилы, костьлезабивщики и т. п. Они широко применяются как на станционных путях, где есть возможность получать централизованное электроснабжение от энергосистемы через специальные питательные пункты, так и там, где таких пунктов нет. В последнем случае источником тока чаще всего становится небольшая передвижная электростанция.

На основе изучения комплекса работ, выполняемых при помощи путевого инструмента, был проведен сравнительный анализ эксплуатационных характеристик широкого спектра механизированных средств. По результатам анализа можно сделать вывод о том, что электрошпалоподбойка является

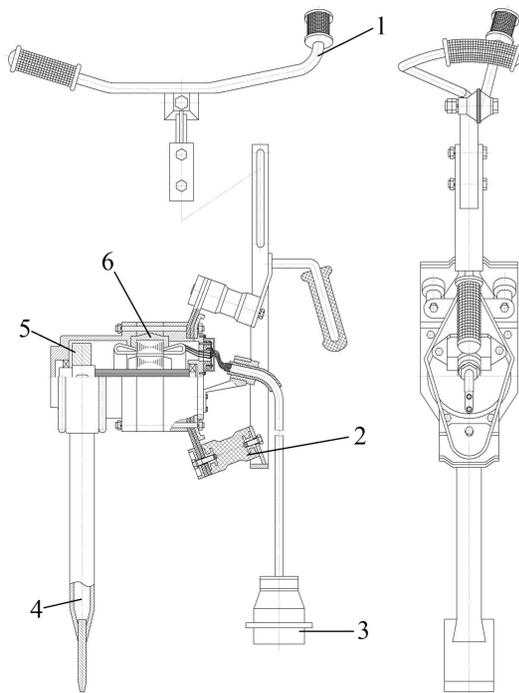


Рис. 1. Серийная электрошпалоподбойка:
1 – рукоятка; 2 – амортизатор;
3 – штекер; 4 – подбивочное
полотно; 5 – вибратор;
6 – электродвигатель.

наименее технологичным инструментом, требующим от монтера пути значительных физических затрат.

Следует также отметить, что операции по уплотнению балласта при помощи электрошпалоподбойки оказывают самое негативное воздействие на организм монтера. Так, работа с электрошпалоподбойкой вызывает у него специфические болезни, обусловленные сильной вибрацией [3]. Кроме того, в процессе труда монтер пути проходит за смену путь 3,5–4 км, перенося инструмент на руках, совершает многократные наклоны и разгибания, создает на рукоятках усилие до 300 Н, держит устройство перед собой обеими руками и приподнимает его на 6–20 см от 5 до 10 раз в минуту.

Очевидно, работа, направленная на снижение массы инструмента, повышение мобильности, комфорта труда приобретает особое значение. Причем за этим и возможность их быстрой уборки с пути при пропуске поездов, и возможность эксплуатации в условиях автономного питания.

Рассмотрим выпускаемую серийно электрошпалоподбойку и различные варианты ее модернизации (рис. 1).

Управление такой шпалоподбойкой осуществляется при помощи рукоятки 1. Уплотнение балласта выполняется подбивочным полотном 4, вибрация которого создается

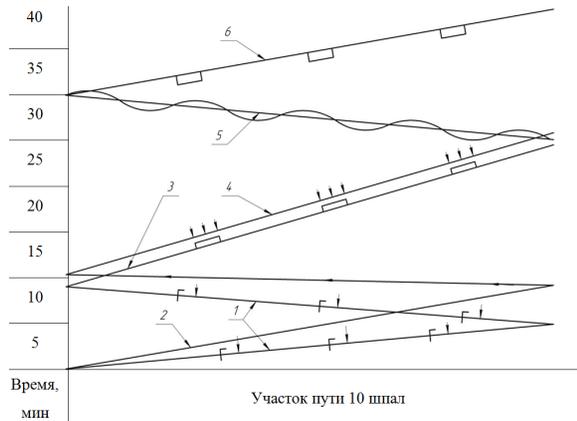
вибратором 5 с электродвигателем 6, получающим питание через штекер 3. Для снижения вибрации, передаваемой монтеру, предусмотрены амортизаторы 2.

Выправка пути с подбивкой шпал осуществляется четырьмя или восемью электрошпалоподбойками бригадами монтеров пути в составе до 17 человек [5]. Перечень и последовательность технологических операций четырьмя шпалоподбойками представлены на рис. 2.

Процесс уплотнения балласта происходит в следующей последовательности. Электростанция устанавливается на обочине земляного полотна на расстоянии не менее 2 м от крайнего рельса. Металлический корпус электростанции заземляется при помощи заземлителя, который на месте работ забивается в землю. Шпалоподбойки поочередно подключаются к электрической сети. Во время работы монтер держит шпалоподбойку перед собой обеими руками за рукоятку. При этом он не должен чрезмерно давить на рукоятки и наваливаться на инструмент корпусом. Подбивка каждой шпалы производится всеми шпалоподбойками одновременно. Уплотнение балласта доводится до состояния, когда подбивочное полотно перестает заглубляться в подбиваемый балласт и одновременно увеличивается интенсивность вибрации электрошпалоподбойки,



Рис. 2. График работ по выправке пути с деревянными шпалами четырьмя ЭШП бригадой из шести монтеров пути (м. п.) [1]: 1 – добивка костылей (2 м. п. № 1 и 2); 2 – отрывка шпальных ящиков (4 м. п. № 3–6); 3 – установка домкратов, подборка балласта в ящики и перемещение распределительной коробки (2 м. п. № 1 и 2); 4 – подбивка шпал (4 м. п. № 3–6); 5 – рихтовка пути гидравлическими домкратами (6 м. п. № 1–6); 6 – оправка балластной призмы (6 м. п. № 1–6).



ощущаемая руками монтера. Шпалоподбойки перемещаются к следующей шпале в рабочем состоянии. При переходе на большие расстояния они отключаются и убираются с пути.

К недостаткам выпускаемой серийно шпалоподбойки можно отнести: 1) зависимость от источника электроэнергии, что негативно сказывается на мобильности; 2) необходимость многократного повторения операций при подбивке полотна; 3) значительная масса для ручного инструмента; 4) амортизаторы расположены между рукоятью и вибратором, что приводит к значительным вибрациям при работе; 5) возможность поражения рабочих электрическим током.

Известные варианты модернизации шпалоподбойки [6–8 и др.] относятся, в первую очередь, к повышению долговечности рабочего элемента (подбивочного полотна) и не оказывают существенного влияния на эффективность процесса уплотнения балласта.

Первый рассматриваемый вариант модернизации электрошпалоподбойки заключается в замене плоского подбивочного полотна на клиновое подбойник (рис. 3). Аналогов применения клинового подбойника в отечественной и зарубежной практике в данный момент не существует. Конструктивно он представляет собой вибратор направленного действия. Внутри корпуса 4 расположен дебаланс 3, вращающийся на валу 1. При его вращении возникает неуравновешенная центробежная сила инерции. Вал находится в двух подшипниках качения 2, посаженных с натягом в корпусе клинового подбойника. Вал подбойника и вал электродвигателя соединены между собой втулочной муфтой со шлицевым посадочным отверстием.

Одним из основных параметров шпалоподбойки является значение вынуждающей силы [1, 2, 5]. Расчет по методике, изложенной в [5], показал, что замена плоского подбивочного полотна на клиновое подбойник приводит к увеличению значения вынуждающей силы примерно на 30%. Расчет наиболее ответственных элементов подбойника (дебаланса и подшипников качения) с использованием среды SolidWorks и методик [9, 10] выявил наличие многократного запаса их прочности и долговечности.

Кроме того, при предварительном анализе схемы работы клинового подбойника нами были выявлены следующие преимущества: 1) одновременная подбивка балласта под две шпалы; 2) вертикальное заглубление подбивочного клина; 3) на основе одновременной подбивки двух шпал в два раза повышается производительность электрошпалоподбойки; 4) скомпенсированные силы подбивки позволяют осуществлять равномерную подбивку балласта; 5) дебаланс установлен внутри подбойника и максимально приближен к зоне уплотнения, что повышает эффективность работы и значительно снижает уровень вибрации.

Применение клинового подбойника требует существенного изменения конструкции шпалоподбойки. Например, может потребоваться вертикальная установка электродвигателя. Подобный вариант изменения конструкции шпалоподбойки был также проработан, но по ряду причин отвергнут и в данной статье не представлен.

Все выпускаемые серийно шпалоподбойки оснащаются трехфазным электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Это накладывает значительные ограничения на свободу перемещения монтера пути.

Для питания шпалоподбоек, как правило, применяется дизельный или бензиновый генератор [1, 2], при этом большое количество времени тратится на подготовку к работе, установку генератора и подключение кабелей [4]. Те же действия приходится выполнять при переходе с одного участка на другой. Кроме того, любой переносной инструмент с электроприводом должен заземляться отдельным проводом от корпуса электродвигателя или через четвертый провод четырехжильного кабеля.

Основным фактором, представляющим опасность при работе с электрошпалоподбойками, является напряжение источника электроснабжения. Поскольку электродвигатель электрошпалоподбойки трехфазный, то на электростанции устанавливается напряжение 400 В, тогда как безопасным напряжением для человека считается 12–36 В. Поэтому при работе с электрошпалоподбойками необходимо соблюдать жесткие правила электробезопасности.

Для устранения перечисленных недостатков предлагается заменить электродвигатель на бензиновый внутреннего сгорания. Это неизбежно повлечет за собой значительные изменения в устройстве шпалоподбойки вплоть до разработки абсолютно новой конструкции, не имеющей аналогов. Однако при всей трудоемкости и сложности стадии проектирования уже видны значительные «плюсы».

Одним из главных преимуществ бензиновой шпалоподбойки является высокая мобильность. Кроме того, она экономически целесообразна при работах по замене отдельных шпал. Положительным свойством конструкции может считаться и наличие в двигателе центробежной муфты. Принцип ее действия в том, что при низкой частоте вращения вала электродвигателя (на «холостом ходу») она не передает крутящего момента. При увеличении частоты вращения все наоборот — и это позволяет не глушить двигатель при переходе от одной шпалы к другой, ибо достаточно отпустить ручку управления дроссельной заслонкой, и центробежная муфта выключится, вибрация шпалоподбойки прекратится. Выше комфорт работы монтера пути, ниже негативное влияние вибраций на организм. Модернизация позволит снизить и массу шпалоподбойки за счет того, что двигатель внутреннего

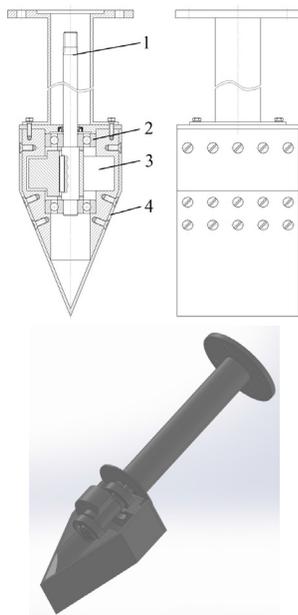


Рис. 3. Клиновой подбойник: 1 – вал; 2 – подшипник; 3 – дебаланс; 4 – корпус.

сгорания при одинаковой мощности с электродвигателем весит 2,5–3 кг (в зависимости от марки), а электродвигатель — около 6 кг.

В качестве двигателя для рассматриваемой шпалоподбойки был выбран одноцилиндровый двухтактный карбюраторный бензиновый двигатель внутреннего сгорания с рабочим объемом цилиндра 35,6 см³. Подобные модели устанавливаются на бензиновые гайковерты, выпускаемые серийно одним из заводов в Калуге.

Нами проанализированы различные конструкции шпалоподбойки с применением бензинового двигателя. Например, на рис. 4 представлен вариант бензиновой шпалоподбойки с использованием плоского подбивочного полотна 4. По сравнению с выпускаемой серийно шпалоподбойкой изменена схема расположения вибрационных амортизаторов 1. В серийной конструкции вибрационные амортизаторы расположены между рукоятью и вибратором, включающим в себя электродвигатель и дебаланс, и она передает значительные вибрации на рукоять инструмента, что негативно сказывается на комфорте и состоянии здоровья монтера пути. В случае применения бензинового двигателя 2 возможна установка амортизаторов между рукоятью, жестко связанной с двигателем и вибратором, представляющим собой дебаланс 5, находящийся в корпусе и передающий вибрацию непо-



Рис. 4. Шпалоподбойка с бензиновым двигателем и плоским подбивочным полотном:
 1 – амортизатор;
 2 – бензиновый двигатель;
 3 – упругий элемент;
 4 – подбивочное полотно;
 5 – дебаланс.

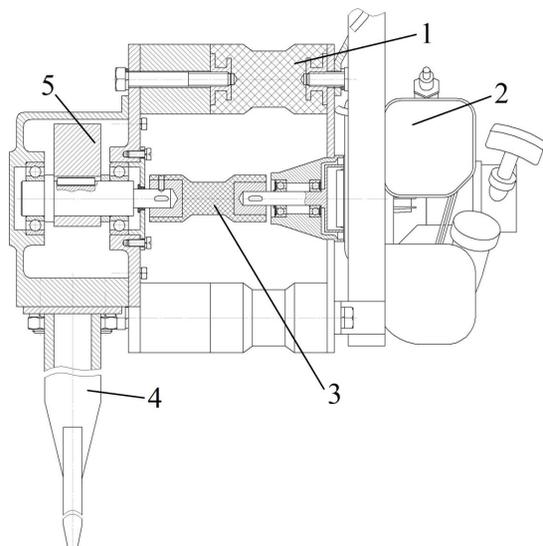
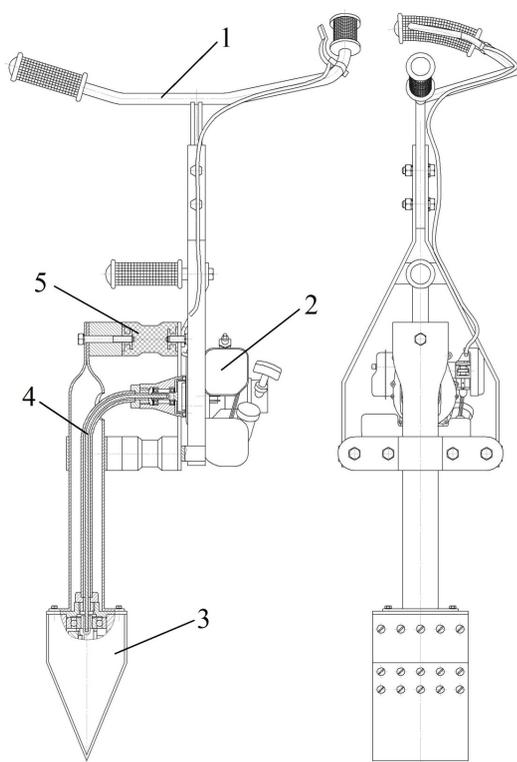


Рис. 5. Шпалоподбойка с бензиновым двигателем и клиновым подбойником:
 1 – рукоять;
 2 – бензиновый двигатель;
 3 – клиновой подбойник;
 4 – гибкий вал;
 5 – амортизатор.



средственно на подбивочное полотно. Это значительно снижает вибрацию рукоятки за счет увеличения массы элементов, расположенных до вибрационных амортизаторов.

Поскольку в процессе работы корпус дебаланса совершает колебательные движения с достаточно большой амплитудой 3,2–4,5 мм, то следует обеспечить работоспособность шпалоподбойки при несоосности вала двигателя и вибратора. Применение упругой муфты в данном случае нецелесоо-

бразно, так как крутящий момент в шпалоподбойке незначителен [1]. Поэтому предложено применить резинометаллический упругий элемент 3, представляющий собой резиновую втулку с завулканизированными по обе стороны металлическими втулками со шлицевыми пазами по ГОСТ 1139-80.

На основе моделирования значений вынуждающей силы в среде LabVIEW по методике [5] с учетом данных ВНИИЖТ [11–14] получено, что для эффективного уплотнения

балласта скорость вращения двигателя должна находиться в пределах от 1600 до 4000 мин⁻¹. То есть при больших скоростях вращения потребуются установка дополнительной передачи (редуктора). Варианты исполнения шпалоподбойки с двигателем со скоростью вращения 8000 мин⁻¹ и двумя различными типами зубчатых передач (прямоугольной цилиндрической и конической) были также рассчитаны (с использованием методики [15]) и проанализированы.

В результате установлено, что применение бензинового двигателя с частотой вращения до 4000 мин⁻¹ более предпочтительно, в этом случае упрощается конструкция шпалоподбойки (как следствие – повышается надежность), ниже ее масса и себестоимость.

Так как ось вращения вала двигателя и ось вращения вала дебаланса расположены под углом 90°, то рациональным решением для передачи крутящего момента представляется гибкий вал. Помимо прочего он будет компенсировать смещение клинового подбойника относительно двигателя, возникающее вследствие вибрации дебаланса.

На рис. 5 представлен совмещенный из представленных на рис. 3 и рис. 4 вариант бензиновой шпалоподбойки с использованием клинового подбойника и гибкого вала. Подобная конструкция не имеет аналогов. На основе предварительного анализа ее применение должно обеспечить следующие преимущества: 1) автономность и мобильность работы; 2) сокращение затрат времени на подбивку; 3) возможность использования сменных накладок; 4) повышение эффективности уплотнения за счет размещения дебаланса в подбойнике; 5) улучшенные вибрационные показатели; 6) сниженная масса.

ВЫВОДЫ

Рассмотрено несколько вариантов модернизации выпускаемой серийно электрошпалоподбойки. В случае применения клинового подбойника можно добиться значительного повышения производительности этого вида путевого инструмента. При использовании в качестве силовой установки двигателя внутреннего сгорания велика вероятность суще-

ственного повышения мобильности шпалоподбойки, безопасности и комфорта монтера пути. Эти факторы также косвенно влияют на увеличение производительности труда.

В случае применения и клинового подбойника, и бензинового двигателя можно говорить о создании принципиально новой модели шпалоподбойки, объединяющей в себе все преимущества двух предыдущих вариантов модернизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Путевые механизмы и инструменты / Р. Д. Сухих, В. М. Бугаенко, Ю. С. Огарь, В. Д. Ермаков, И. М. Пиковский, А. В. Пронченко; под общ. ред. Р. Д. Сухих. – М.: УМК МПС, 2002. – 428 с.
2. Механизированный путевого инструмент: Учеб. пособие / Н. А. Евсеева и др. – М.: УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте, 2007. – 72 с.
3. Асташев В. К. Вибрации в технике. Т. 6. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
4. Крейнис З. Л., Коршикова Н. П. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути. – М.: УМК МПС, 2001. – 768 с.
5. Путевой механизированный инструмент: Справочник / В. М. Бугаенко, Р. Д. Сухих, И. М. Пиковский и др.; под ред. В. М. Бугаенко, Р. Д. Сухих. – М.: Транспорт, 2000. – 368 с.
6. Лопатка шпалоподбойки: свид.-во. на полез. модель № 27112. Рос. Федерация: МПК E01B27/12 / Фалеев В. С., Мокрицкий Б. Я., Коссов В. С., Конаков А. В. – № 2002120716/20; заявл. 30.07.2002; опубл. 10.01.2003.
7. Лопатка шпалоподбойки шпалоподбивочной машины. Патент. 2492286 Рос. Федерация: МПК E01B21/00 / Кириков А. К., Коссов В. С., Долгополов С. И. – № 2012112009/11; заявл. 29.03.2012; опубл. 10.09.2013. Бюл. № 25. – 4 с.
8. Боёк шпалоподбойки: Патент. 2305725 Рос. Федерация: МПК E01B27/16, E01B27/12 / Кириков А. К., Бидуля А. Л., Краснов О. Г. – № 2005139862/11; заявл. 21.12.2005; опубл. 10.09.2007. Бюл. № 25. – 6 с.
9. Фомин В. М. Расчет опор с подшипниками качения. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 98 с.
10. Биргер И. А., Шорр Б. Ф., Иосилевич Г. Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. – Изд. 4-е, доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
11. Левчиков С. А. Исследование параметров вибрационного уплотнения балластной призмы // Вестник ВНИИЖТ. – 1978. – № 1. – С. 54–56.
12. Сырейщиков Ю. П. Процесс уплотнения щебня при вибрировании // Вестник ВНИИЖТ. – 1963. – № 7. – С. 59–63.
13. Сырейщиков Ю. П., Задорин Г. П., Лукин Е. А. Повышение качества уплотнения балласта. – М.: Транспорт, 1977. – 24 с.
14. Сырейщиков Ю. П. Влияние режимов вибрирования на уплотнение щебня // Путь и путевое хозяйство. – 1964. – № 2. – С. 36–37.
15. Буланже А. В., Палочкина Н. В., Часовников Л. Д. Методические указания по расчету зубчатых передач и коробок скоростей по курсу «Детали машин». – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1990. – 66 с.

Координаты авторов: **Шубин А. А.** – Shubin55@mail.ru, **Витчук П. В.** – zzzVentor@yandex.ru, **Смоловик А. Е.** – asmolovik@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 21.07.2015, актуализирована 03.08.2015, принята к публикации 17.11.2015.



DESIGN AND ANALYSIS OF TRACK PACKING MACHINE MODERNIZATION

Shubin, Alexander A., Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russia.
Vitchuk, Pavel V., Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russia.
Smolovik, Andrey E., Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russia.

ABSTRACT

Variants of comprehensive modernization of mass-produced electric packing machine are given that improve vibration performance and mobility,

increase productivity and labor safety when performing repair work on tracks. As an optimal design a new model is proposed that combines wedge-like swage and gasoline engine.

Keywords: railway, repair operations, electric packing machine, modernization, performance, safety, vibration, design with a gasoline engine.

Background. Repairing railway tracks (replacement of sleepers, ballast consolidation, etc.) is impossible to do without mechanized track instruments, which can be used without stopping train movement.

Mechanized track instruments include [2]: packing machine, rail boring and rail-grinding machines, screwdrivers, saws, spike hammers etc. They are widely used on near-station tracks, where which it is possible to obtain centralized power supply from electric power system through special in-feed points, and where these points are absent. In the latter case, a small mobile electric power station often becomes a source of current.

On the basis of study of a set of works, performed by means of track instrument, a comparative analysis of performance of a wide range of mechanized equipment was conducted. According to the analysis, we can conclude that the least technology-savvy instrument is electric packing machine, which requires considerable physical efforts from track serviceman.

Objective. The objective of the authors is to analyze design and ways for track packing machine modernization.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, modeling, comparative analysis, graph construction.

Results. It should also be noted that operations on ballast consolidation by means of electric packing machine have very negative effects on track servicemen. So, work with electric packing machine leads to specific illnesses caused by excessive vibration [3]. In addition, in the process of labor track serviceman runs per shift a path of 3,5–4 km, carrying this instrument in hand, makes repeated bending and extension, creates force on shafts up to 300 N, holds the instrument in front of him with both hands and raises it to 6–20 cm from 5 to 10 times per minute.

Obviously, the work aimed at reducing tool weight, increasing mobility, comfort of work is of particular importance. In addition, we can talk about possibility of a quick removal of the instrument when trains pass, and the ability to operate in a stand-alone power supply.

Let's consider the mass-produced electric packing machine and various options for its modernization (Pic. 1).

Control of such packing machine is carried out using the handle 1. Ballast consolidation is performed with packing bed 4, vibration of which is created by an electric vibrator 5 with electric motor 6, powered via plug 3. To reduce vibration transmitted to track serviceman shock absorbers are provided 2.

Track alignment with packing of sleepers is carried out with four or eight electric packing machines by track serviceman teams of up to 17 people [5]. The

list and sequence of technological operations with four packing machines are shown in Pic. 2.

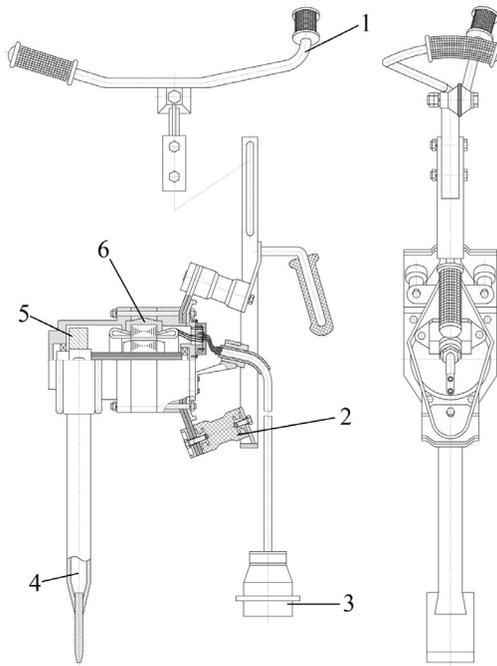
The process of ballast consolidation occurs in the following sequence. The power plant is installed on ballast berm at a distance of not less than 2 m from the far rail. The metal case of power plant is grounded using grounder, which on site is hammered into the ground. Packing machines are alternately connected to the electric power line. During operation track serviceman holds a packing machine in front of him with both hands on the handle. He should not put excessive pressure on the handle, and lean on the tool with the whole body. Packing of each sleeper is made with all packing machines simultaneously. Ballast consolidation is brought to a state where packing bed is no longer embedded into the tamped ballast and at the same time increases the intensity of vibration of electric packing machine felt by hands of the serviceman. Packing machines are displaced to the next sleeper in operation mode. When going for long distances, they are disconnected and removed from the track.

The disadvantages of mass-produced packing machines are: 1) dependence on the source of electricity, which has a negative impact on mobility; 2) need for repetitive operations while packing bed; 3) significant weight of hand tool; 4) shock absorbers are disposed between a handle and a vibrator, which leads to considerable vibration during operation; 5) possibility of electric shock of workers.

Known modernization options of packing machine [6–8 et al.] refer, first and foremost, to improvement of durability of the operating element (packing bed) and do not have any significant impact on efficiency of ballast consolidation.

The first considered option of electric packing machine modernization is replacement of a flat packing bed with wedge-like swage (Pic. 3). Nowadays there are no analogues of application of wedge-like swage in domestic and foreign practice. Structurally, it is a non-directional vibrator. Inside the housing 4 eccentric weight 3 is located, rotating on the shaft 1. At its rotation appears unbalanced centrifugal force of inertia. The shaft is in two roller bearings 2, planted with interference in the housing of wedge-like swage. Shaft of wedge-like swage and electric motor shaft are connected by a box sleeve with a splined mounting bore.

One of the main parameters of packing machine is driving force value [1, 2, 5]. The calculation by the method described in [5], showed that replacement of the flat packing bed with a wedge-like swage increases the value of driving force by approximately 30%. Calculation of the most critical elements of wedge-like swage (eccentric weight and roller bearings), using SolidWorks and techniques [9, 10] re-



Pic. 1. Mass-produced electric packing machine: 1 – handle; 2 – shock absorber; 3 – plug; 4 – packing bed; 5 – vibrator; 6 – electric motor.

vealed the presence of multiple reserve in their strength and durability.

In addition, when a preliminary analysis of the operation scheme of the wedge-like swage we have identified the following advantages: 1) simultaneous tamping for two sleepers; 2) vertical embedding of tamping wedge; 3) on the basis of simultaneous packing of two sleepers productivity of electric packing machine increases twice; 4) compensated tamping force allow for a uniform tamping of ballast; 5) eccentric weight is mounted inside wedge-like swage and is maximally close to consolidation area, which improves performance of work and significantly reduces the level of vibration.

The use of wedge-like swage requires significant modification of packing machine. For example, it may be necessary to perform vertical adjustment of electric motor. Such an option of changes in design of packing machine has also been worked out, but for some reason rejected and is not represented in this article.

All mass-produced packing machines are equipped with three-phase electric motors with squirrel-cage rotor. This imposes significant restrictions on freedom of movement of track serviceman.

To supply packing machines usually diesel or gasoline generators are used [1, 2], with a large amount of time spent on pre-starting procedures, mounting of generator and cabling [4]. The same action is necessary to carry out in case of transition from one area to another. In addition, any portable instrument with electric drive should be grounded with a separate wire from electric motor housing or through the fourth wire of four-core cable.

The main factor, posing a danger when working with electric packing machines, is voltage of the power supply source. Since electric motor of electric packing machine is three-phase, on the power plant voltage of 400 V is set, while the voltage safe for humans is considered to be 12–36 V. Therefore, when working with electric packing machines it is necessary to observe strict rules of electrical safety.

To eliminate these drawbacks it is proposed to replace the electric motor with gasoline internal combustion engine. This will inevitably entail significant changes in packing machine up to development of a completely new design, which has no analogues. However, in spite of labor intensity and complexity at the design stage significant «pluses» can be seen.

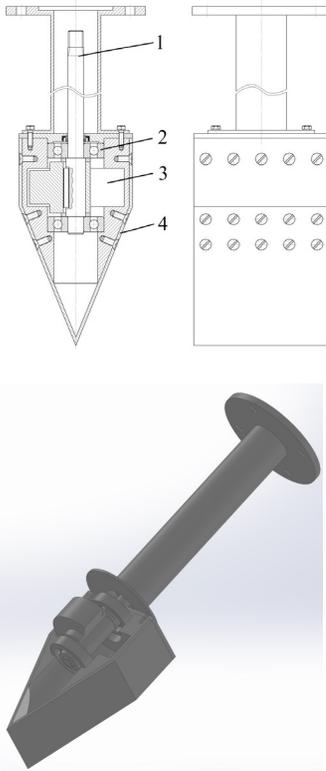
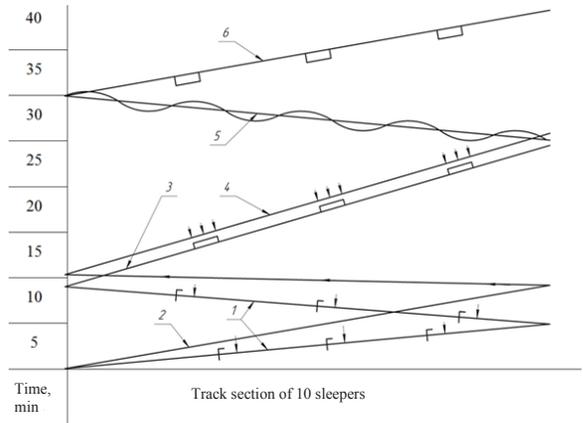
One of the main advantages of gasoline packing machine is high mobility. In addition, it is economically feasible when working on replacement of individual sleepers. A positive feature of the design can be considered the presence of centrifugal clutch in the motor. Its operation principle is that at low speeds of the motor shaft (in «idle»), it does not transmit torque. By increasing rotation speed everything is opposite, and that makes it possible not to turn off the engine when the transition from one sleeper to the other, because it is enough to release controller handle of gasoline throttle and centrifugal clutch turns off, vibration of packing machine stops. The comfort of work of track serviceman is higher, negative impact of vibration on the body is lower. Modernization will reduce weight of packing machine due to the fact that the internal combustion engine with the same power with an electric motor weighs 2,5–3 kg (depending on grade), and the electric motor – about 6 kg.

As for the engine of considered packing machine was selected single cylinder two-stroke carbureted gasoline internal combustion engine with cylinder capacity of 35,6 cm³. Such models are installed on petrol screwdrivers, mass-produced at one of the plants in Kaluga.

We analyzed different designs of packing machines with the gasoline engine. For example, Pic. 4 shows a variant of gasoline packing machine with flat packing bed 4. As compared to mass-produced packing machine layout of vibration shock absorbers 1 was changed. In the serial structure vibration shock absorbers are located between the handle and the vibrator comprising an electric motor and eccentric weight, and it transmits large vibrations to handle of the instrument that has a negative impact on comfort and health



Pic. 2. The schedule of works on track alignment with wooden sleepers by four electric packing machines by teams of six track servicemen (hereinafter – TS) [1]: 1 – packing of iron spikes (2 TS № 1 and 2); 2 – trenching of tie spaces (4 TS № 3–6); 3 – installation of jacks, filling tie spaces with ballast and replacement of junction box (2 TS № 1 and 2); 4 – packing of sleepers (4 TS № 3–6); 5 – track adjustment with hydraulic jacks (6 TS № 1–6); 6 – dressing (6 TS № 1–6).



Pic. 3. Wedge-like swage: 1 – shaft; 2 – bearing; 3 – eccentric weight; 4 – housing.

of track serviceman. In the case of a gasoline engine 2 shock absorbers can be installed between the handle rigidly connected to the motor and vibrator, representing eccentric weight 5, located in the housing and transmitting vibration tamping directly on the packing bed. This greatly reduces vibration of the handle by increasing the mass of elements arranged to vibration shock absorbers.

Because in the process of operation the body of eccentric weight oscillates with a sufficiently large amplitude of 3,2–4,5 mm, it is necessary to ensure working capacity of packing machine with misalignment of the shaft of the motor and the vibrator. Application of elastic clutch in this case is inappropriate, since the torque in packing machine is insignificant [1]. Therefore it is proposed to apply the rubber steel

elastic element 3, which is a rubber bushing with vulcanized on both sides metal bush with splined grooves in accordance with GOST 1139–80.

Based on the simulation of driving force values in LabVIEW environment as described in [5] based on the data of VNIIZhT [11–14] it was found that to effectively consolidate the ballast motor rotation speed should be in the range of 1600 to 4000 min^{-1} . That is, at high rotation speeds it will be required to mount extra transmission (gearbox). Variants of packing machine with the motor with a rotation speed of 8000 min^{-1} and two different types of gears (spur and bevel) were also calculated (using methodology [15]) and analyzed.

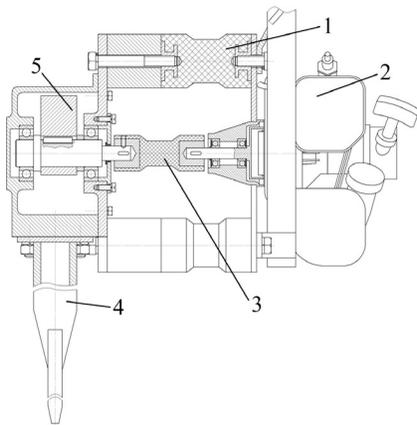
As a result it was found that the use of gasoline engine with rotation speed of up to 4000 min^{-1} is more preferable, in this case the structure of packing machine is simplified (as a result – reliability increases), its weight and cost are lower.

Since the axis of rotation of the motor shaft and the axis of rotation of eccentric weight are located at an angle of 90° , then the rational decision to transmit torque seems to be flexible shaft. Among other things, it will compensate for the displacement of the wedge-like swage in relation to the motor arising as a result of eccentric weight vibration.

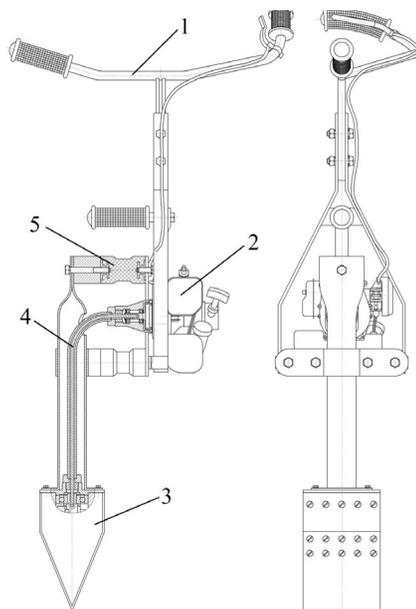
Pic. 5 is combined from presented in Pic. 3 and Pic. 4 version of gasoline packing machine with wedge-like swage and flexible shaft. This design is unique. Based on a preliminary analysis its application should provide the following advantages: 1) autonomy and mobility of work; 2) reducing the time spent on packing; 3) use of interchangeable caps; 4) improvement of efficiency of consolidation by placing of eccentric weight in wedge-like swage; 5) improved vibration performance; 6) reduced weight.

Conclusions. Several options for modernization of mass-produced electric packing machine were considered. In the case of wedge-like swage it is possible to achieve a significant increase in performance of this type of track instrument. When used as a power plant combustion engine there is likelihood of significant increase in packing machine mobility, safety and comfort of track serviceman. These factors also indirectly affect the increase in labor productivity.

In the case of use of wedge-like swage and the gasoline engine we can talk about creating a fundamentally new model of packing machine that combines all the advantages of two previous modernization options.



Pic. 4. Packing machine with a gasoline engine and flat packing bed: 1 – shock absorber; 2 – gasoline engine; 3 – elastic element; 4 – packing bed; 5 – eccentric weight.



Pic. 5. Packing machine with a petrol engine and a wedge-like swage: 1 – handle; 2 – gasoline engine; 3 – wedge-like swage; 4 – flexible shaft; 5 – shock absorber.

REFERENCES

1. Sukhikh, R. D., Bugaenko, V. M., Ogar, Yu. S., Ermakov, V. D., Pikovsky, I. M., Pronchenko A. V. Track mechanisms and instruments [*Putevye mehanizmy i instrument*]. Gen. ed. by R. D. Sukhikh. Moscow, UMK MPS, 2002, 428 p.

2. Evseev, N. A. *et al.* Mechanized track instrument: educational guide [*Mehanizirovannyj putevoj instrument: Ucheb. posobie*]. Moscow, TMC on education on railway transport, 2007, 72 p.

3. Astashev, V. K. Vibrations in equipment. Vol. 6 [*Vibracii v tehnikе. T. 6*]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1981, 456 p.

4. Kreinis, Z. L., Korshikova, N. P. Maintenance and repair of railway track [*Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont zheleznodorozhnogo puti*]. Moscow, UMK MPS, 2001, 768 p.

5. Bugaenko, V. M., Sukhikh, R. D., Pikovsky I. M. *et al.* Mechanized track instrument: Directory [*Putevoj mehanizirovannyj instrument: Spravochnik*]. Ed. by V. M. Bugaenko, R. D. Sukhikh. Moscow, Transport publ., 2000, 368 p.

6. Shovel of packing machine: utility model certificate № 27112 of the Russian Federation: IPC E01B27/12/[*Lopatka shpalopodbojki svid-vo. na polez. model' № 27112 Ros. Federacija: MPK E01B27/12*]. Fadeev, V. S., Mokritsky, B. Ya., Kossov, V. S., Konakov, A. V. № 2002120716/20; appl. 30.07.2002; publ. 10.01.2003.

7. Shovel of packing machine of sleeper packing machine. Patent 2492286 of the Russian Federation: IPC E01B21/00 [*Lopatka shpalopodbojki shpalopodbivochnoj mashiny. Patent. 2492286 Ros. Federacija: MPK E01B21/00*] Kirikov, A.K., Kossov, V.S., Dolgopolo, S. I. № 2012112009/11; appl. 29.03.2012; publ. 10.09.2013. Official Bulletin «Inventions. Utility Models», № 25, 4 p.

8. Pane of packing machine: Patent. 2305725 of the Russian Federation: IPC E01B27/16, E01B27/12/[*Boek shpalopodbojki: Patent. 2305725 Ros. Federacija: MPK*

E01B27/16, E01B27/12]. Kirikov A. K., Bidulya A. L., Krasnov O. G. № 2005139862/11; appl. 21.12.2005; publ. 10.09.2007. Official Bulletin «Inventions. Utility Models», № 25, 6 p.

9. Fomin, V. M. Calculation of bearings with roller bearings [*Raschet opor s podshipnikami kachenij*]. Moscow, Bauman MSTU, 2001, 98 p.

10. Birger, I. A., Shorr, B. F., Iosilevich, G. B. Strength analysis of machine parts: Handbook [*Raschet na prochnost' detalej mashin: Spravochnik*]. 4th ed., ext. and rev. Moscow, Mashinostroenie publ., 1993, 640 p.

11. Levchikov, S. A. Investigation of parameters of vibration consolidation of ballast [*Issledovanie parametrov vibracionnogo uplotnenija ballastnoj prizmy*]. *Vestnik VNIIZhT*, 1978, Iss. 1, pp. 54–56.

12. Syreyschikov, Yu. P. Ballast consolidation during vibration [*Process uplotnenija shhebnja pri vibrirovanii*]. *Vestnik VNIIZhT*, 1963, Iss. 7, pp. 59–63.

13. Syreyschikov, Yu. P., Zadorin, G. P., Lukin, E. A. Improving quality of ballast consolidation [*Povyshenie kachestva uplotnenija ballasta*]. Moscow, Transport publ., 1977, 24 p.

14. Syreyschikov, Yu. P. Effect of vibration modes on gravel consolidation [*Vlijanie rezhimov vibrirovanija na uplotnenie shhebnja*]. *Put' i putevoe hozjajstvo*, 1964, Iss. 2, pp.36–37.

15. Bulanzhe, A. V., Palochkina, N. V., Chasovnikov, L. D. Guidelines for calculation of gears and gear boxes for the course «Machine parts» [*Metodicheskie ukazaniya po raschetu zubchatyh peredach i korobok skorostej po kursu «Detali mashin»*]. Moscow, Publishing House of Bauman MSTU, 1990, 66 p. ●

Information about the authors:

Shubin, Alexander A. – Ph.D. (Eng.), head of the department of Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University (MSTU), Kaluga, Russia, Shubin55@mail.ru.

Vitchuk, Pavel V. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Kaluga Branch of Bauman MSTU, Kaluga, Russia, zzzVentor@yandex.ru.

Smolovik, Andrey E. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Kaluga Branch of Bauman MSTU, Kaluga, Russia, asmolovik@yandex.ru.

Article received 21.07.2015, revised 03.08.2015, accepted 17.11.2015.

