

УДК 629

Н.А. Маслов

Модернизация привода спутника путевых машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1

В условиях ограничения времени, отведенного на технологические операции по обслуживанию железнодорожного пути, на передний план выходят высокопроизводительные путевые машины и комплексы, от быстрой и безотказной работы которых зависит интенсивность и безопасность движения по магистралям. Для ремонта и текущего содержания пути на сети российских железных дорог широко применяют выправочно-подбивочно-рихтовочные машины непрерывно-циклического действия: Duomatic 09-32 CSM австрийского производства и российский аналог ПМА-1. Резервы повышения производительности этих машин не исчерпаны. Так, сокращения времени выполнения технологических операций можно добиться, например, модернизацией гидравлического привода спутника.

Анализ работы этих машин показал, что основными причинами снижения качества выправки и отделки пути являются: недостаточная техническая производительность машины, требуемая большая величина подъема рельсошпальной решетки, большой объем балластировочных работ, износ рабочего оборудования машин.

Целью работы является модернизация гидравлического привода спутника машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 для повышения их производительности и качества подбивки балласта, а также применение средств самодиагностики для предупреждения внезапных отказов привода спутника.

В работе выполнен анализ циклограмм выправочно-подбивочно-рихтовочных машин непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1. Выявлены резервы повышения их производительности. Модернизирована принципиальная гидравлическая схема привода спутника. Определены основные параметры модернизированного привода спутника и вибровоздействия подбоек модернизированных машин на балласт.

Ключевые слова: *привод спутника, пневмогидроцилиндр, выправочно-подбивочно-рихтовочная машина.*

Выправочно-подбивочно-рихтовочные машины непрерывно-циклического действия (Duomatic 09-32 CSM австрийского производства и российский аналог ПМА-1) применяют на сети российских железных дорог для ремонта и текущего содержания пути. От их быстрой и безотказной работы зависит интенсивность и безопасность движения поездов.

Задачами работы являются: анализ рабочих циклов выправочно-подбивочно-рихтовочных машин непрерывно-циклического действия (Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 [1]) для выявления резервов повышения производительности; модернизация принципиальной гидравлической схемы привода спутника; определение основных параметров вибровоздействия подбоек модернизированных машин на балласт; определение основных параметров модернизированного привода спутника.

Анализ циклограммы работы машин (рис. 1, а) показал, что одним из резервов повышения качества подбивки является увеличение времени вибровоздействия на балласт. На циклограмме работы машин до модернизации видно, что время перемещения спутника

вдоль пути занимает около одной трети продолжительности цикла. Время виброобжатия балласта (определяемое как суммарная продолжительность заглужения и сжатия подбоек) занимает примерно такой же промежуток времени (см. рис. 1, а).

Одним из резервов повышения качества подбивки балласта машинами Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 является увеличение времени вибровоздействия на балласт за счет сокращения времени перемещения спутника. Для сохранения неизменного времени цикла принято решение уменьшить время перемещения спутника машины путем увеличения скорости его передвижения (см. рис. 1, б). Для этого необходимо модернизировать гидравлический привод спутника.

При разработке и модернизации гидравлических приводов механизмов с поступательно перемещающимися звеньями хорошо себя зарекомендовали энергосберегающие пневмогидроцилиндры (ПГЦ), разработанные и успешно используемые компанией *Liebherr* на одноковшовых экскаваторах [2]. Конструкция ПГЦ показана на рис. 2.

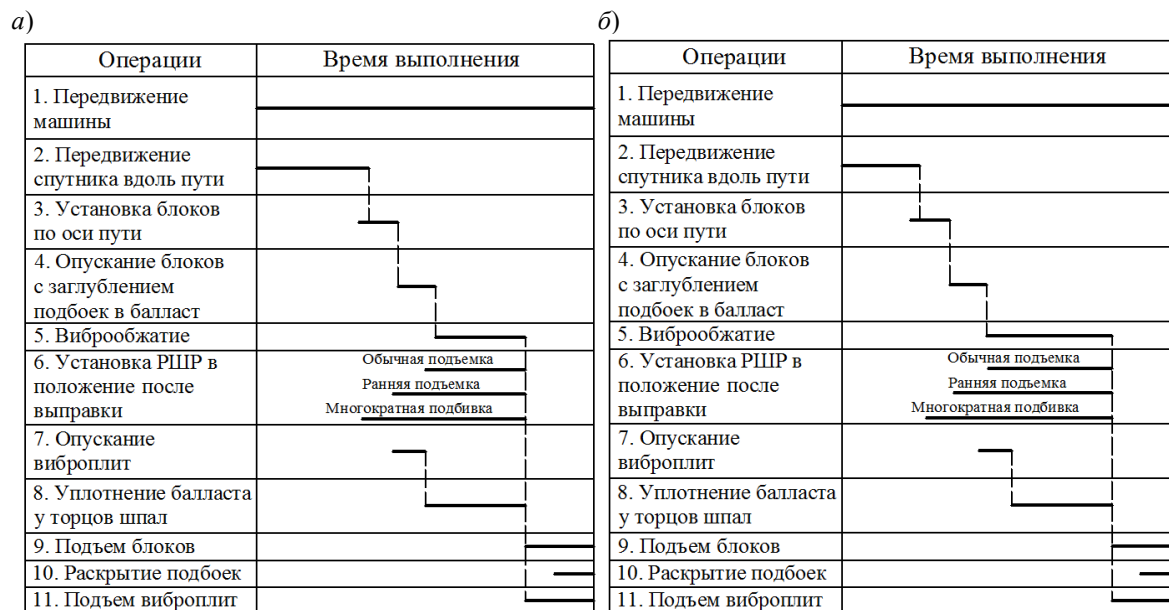


Рис. 1. Циклограммы работы путевых машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1:
а – до модернизации; б – после модернизации

Энергосберегающий цилиндр представляет собой устройство для накопления и последующего использования энергии. Как показано на рис. 2, шток такого цилиндра полый и сообщается с поршневой полостью, что позволяет увеличить внутренний объем. Эти полости заполнены инертным газом – азотом. Штоковая полость соединена с напорной линией, т.е. при втягивании этот ПГЦ может работать как обычный гидроцилиндр.

Энергосберегающая система работает следующим образом. При втягивании штока путем подачи давления в штоковую полость или под действием внешних сил газ в поршневой полости пневмогидроцилиндра сжимается, за счет чего происходит аккумуляция энергии. В дальнейшем при сбросе давления из штоковой

полости или уменьшении внешней силы шток ПГЦ под действием расширения газа выталкивается, высвобождая запасенную энергию.

Применение ПГЦ в строительных машинах циклического действия позволило сократить потребление топлива и обеспечить более равномерную нагрузку на двигатель и гидротрансmission машины.

Установка ПГЦ в приводе перемещения спутника машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 позволит уменьшить скачки давления в гидросистеме, что положительно скажется на ресурсе элементов гидротрансmission и дизеля. Небольшого повышения экономичности привода можно ожидать за счет минимизации времени работы насосов на максимальном давлении при разгоне спутника (когда в системе воз-

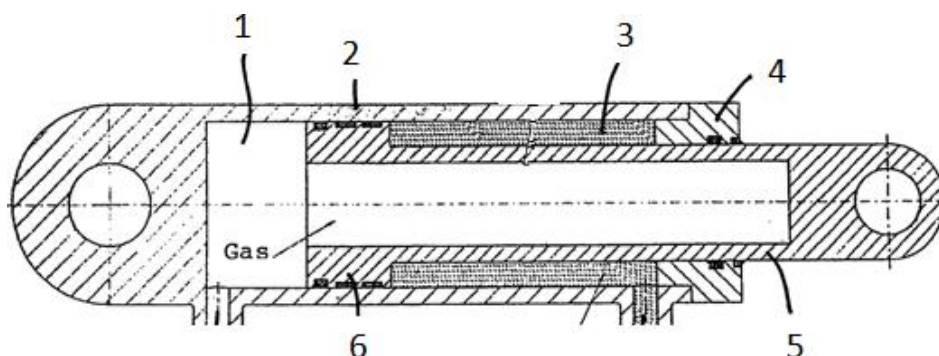


Рис. 2. Конструкция ПГЦ:
1 – поршневая полость (газовая); 2 – корпус; 3 – штоковая полость; 4 – крышка; 5 – полый шток;
6 – поршень

никают инерционные перегрузки и блок первичной защиты пропускает часть масла на слив без совершения полезной работы).

Модернизированная часть гидравлических схем приводов спутников машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 изображена на рис. 3 [3].

Элементы гидравлической системы, обозначенные на рис. 3: ПГЦ – пневмогидроцилиндр; Р1, Р2 – распределители; ДР – дроссель; КП – клапан предохранительный; КР – клапан редуциционный; БР – быстрый разъем.

Элементы измерительной системы, обозначенные на рис. 3: ДД1, ДД2 – датчики давления; ДП – датчик перемещения; ДС – датчик скорости; ДТ – датчик температуры; У1, ..., У4 – соленоиды; ЭБУ – электронный блок управления; ПК – персональный компьютер.

Модернизированная гидравлическая система привода спутника машины ПМА-1 работает следующим образом. При выправке рельсошпальной решетки (РШР) и подбивке балласта спутник неподвижен относительно РШР, при этом базовая машина непрерывно движется вперед. Распределитель Р1 находится в нейтральной позиции, а распределитель Р2 выключен. Масло из сливной линии поступает в штоковую полость ПГЦ, так как при втягивании штока под действием внешних сил от рамы машины давле-

ние в штоковой полости снижается. Шток ПГЦ втягивается и сжимает газ в поршневой полости. По окончании процессов подбивки и выправки дроссель ДР закрывается и запирает масло в штоковой полости ПГЦ. Подбивочный блок поднимается. Далее подается сигнал на соленоид У1 распределителя Р1. Распределитель Р1 переключается в рабочую позицию. При этом дроссель ДР открывается и пропускает масло из штоковой полости ПГЦ на слив. Газ в поршневой полости расширяется, шток ПГЦ выталкивается и обеспечивает разгон спутника. Для торможения спутника распределитель Р1 переключается в нейтральную позицию, дроссель ДР закрывается. Далее цикл повторяется.

Вторичная защита от перегрузок привода спутника обеспечивается предохранительным клапаном КП. Интенсивность разгона и торможения спутника определяется величиной площади сечения потока, открытого дросселем ДР. Управление распределителями Р1, Р2 и дросселем ДР осуществляется компьютером ПК через электронный блок управления ЭБУ по заданной программе, в зависимости от положения спутника относительно базовой машины и сигналов датчиков. На случай сбоя автоматики предусмотрен режим ручного управления перемещением спутника с пульта оператора.

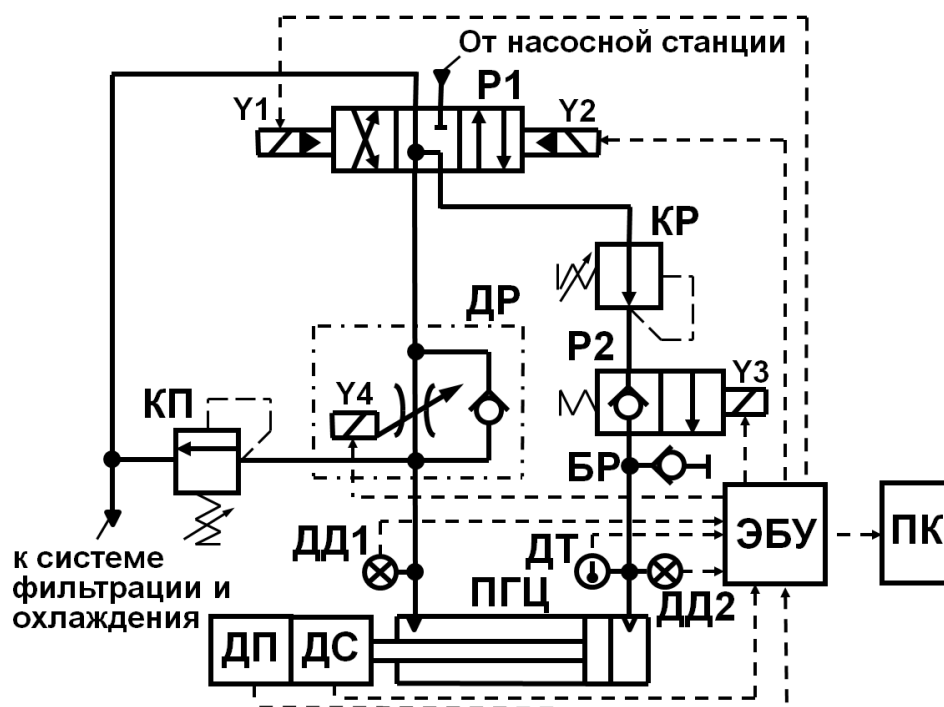


Рис. 3. Модернизированная гидравлическая схема привода спутника машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1

Заполнение поршневой полости ПГЦ газом при обслуживании и ремонте гидросистемы производится с помощью быстроразъемного соединения БР.

В случае утечки газа из поршневой полости ПГЦ или снижения КПД пневматического привода разгона спутника предусмотрен резервный режим работы ПГЦ – режим «гидроцилиндр». Для этого необходимо включить распределитель Р2. Тогда масло от распределителя Р1 через редукционный клапан КР и распределитель Р2 будет поступать в поршневую полость ПГЦ и обеспечивать разгон спутника, как это было в приводе спутника до модернизации.

Модернизированная гидросистема имеет возможность диагностики приводов спутника без его демонтажа. Для этого в систему установлены датчики давления масла ДД1 и газа ДД2, датчик температуры газа ДТ, датчики перемещения ДП и скорости ДС спутника.

Модернизированная гидравлическая система привода спутника машины Duomatic 09-32 CSM работает аналогично, отличие заключается в совместной работе гидромотора привода колесной пары спутника (на рис. 3 условно не показан) и пневмогидроцилиндра, выполняющего функцию гидроцилиндра ускорителя спутника.

Выполнены расчеты по определению основных параметров вибровоздействия подбоек модернизированных машин на балласт. Условие расчета – обеспечить степень уплотнения балласта не менее $\varepsilon = 0,13$ за один проход машины.

Время рабочего цикла машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1, с,

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{уст}} + t_{\text{загл}} + t_{\text{сж}} + t_{\text{под}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{пер}}$ – время перемещения спутника, с; $t_{\text{уст}}$ – время установки подбивочных блоков, с; $t_{\text{загл}}$ – время заглубления подбоек, с; $t_{\text{сж}}$ – время сжатия подбоек, с; $t_{\text{под}}$ – время раскрытия подбоек и подъема подбивочного блока, с.

Суммарное время вибровоздействия на балласт, с,

$$t_{\text{в}} = t_{\text{загл}} + t_{\text{сж}}. \quad (2)$$

Время рабочего цикла машины циклического действия, с,

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600n_{\text{шп}}}{\Pi_{\text{т}}}, \quad (3)$$

где $n_{\text{шп}}$ – количество одновременно подбиваемых шпал, $n_{\text{шп}} = 2$; $\Pi_{\text{т}}$ – теоретическая производительность машины, $\Pi_{\text{т}} = 2\,200$ шп./ч.

Расчет по формуле (3) показал, что время цикла составляет $t_{\text{ц}} = 3,3$ с, однако это возможно лишь при небольшой величине подъема пути $h_{\text{п}} = 10 \dots 20$ мм [4]. Как показывает практика применения машин Duomatic 09-32 CSM при подъемном ремонте пути, при подъеме РШР на величину $h_{\text{п}} = 40 \dots 50$ мм производительность машины составляет $\Pi_{\text{м}} = 1\,600$ шп./ч, а время цикла $t_{\text{ц}} = 4,5$ с. Степень уплотнения балласта в таком случае не превышает $\varepsilon = 0,10$. Продолжительности рабочих операций приведены в таблице.

Из технологии проведения путевых работ следует, что для надежного закрепления РШР в проектом положении при выправочно-подбивочных работах должна быть достигнута

Параметры вибровоздействия подбоек машин на балласт

Параметр	До модернизации	После модернизации
1. Техническая производительность машины $\Pi_{\text{м}}$, шп./ч	1600	1600
2. Частота колебаний лопаток подбоек ν , Гц	35	35
3. Степень уплотнения балласта ε	0,1	0,13
4. Число вибровоздействий на балласт J	330	613
5. Время t , с:		
рабочего цикла $t_{\text{ц}}$	4,5	4,5
перемещения спутника $t_{\text{пер}}$	1,8	1,1
установки подбивочных блоков $t_{\text{уст}}$	0,2	0,2
заглубления подбоек $t_{\text{загл}}$	0,7	0,7
сжатия подбоек $t_{\text{сж}}$	1,3	2
вибровоздействия суммарное $t_{\text{в}}$	2	2,7
раскрытия подбоек и подъема подбивочного блока $t_{\text{под}}$	0,5	0,5

степень уплотнения балласта не менее $\varepsilon = 0,13$. При этом подбивкой балласта достигается эффект выравнивания, и путь получает оптимальный коэффициент «ухудшения» [5]. Оптимального минимального времени импульса продолжительностью 5 мс [6] для перегруппировки частиц балласта в шпальных ящиках рельсошпальной решетки, которое является необходимым требованием для уплотнения балласта, можно достичь только на частоте колебаний лопаток подбоек в 35 Гц. На более высоких частотах пришлось бы значительно увеличить скорость обжатия для получения импульса большей продолжительности. Однако это невозможно из-за сопротивления щебня. При частоте вибровоздействий на балласт, равной 35 Гц, балласту на уплотнение от подбоек передается в два раза большая по величине энергия, чем при 45 Гц, и обеспечивается достигаемая уплотнением минимальная пластическая деформация балласта и максимальная долговечность положения пути [7]. Требуемая частота вибровоздействий на балласт обеспечивается необходимой частотой вращения вала пластинчатого гидромотора привода вибрации подбивочного блока при требуемой производительности пластинчатого насоса привода. Это возможно только при исправности пластинчатых насосов и гидромоторов приводов вибрации подбивочных блоков машины [8, 9].

Минимально необходимое число вибровоздействий J на балласт, при котором возможно получение требуемой степени уплотнения материала [10],

$$J = 2\pi\nu t_b = \frac{\varepsilon D}{\lambda\psi - \varepsilon E}, \quad (4)$$

где ν – частота колебаний лопаток подбоек, $\nu = 35$ Гц; ε – требуемая степень уплотнения балласта, $\varepsilon = 0,13$; D, E – эмпирические коэффициенты, зависящие от рода уплотняемого материала и способа вибровоздействия, для щебеночного балласта $D = 3\,300$, $E = 10$; λ – коэффициент, определяющий степень использования для уплотнения относительных перемещений при воздействии плиты на балласт и при отдаче материала, $\lambda = 2$; ψ – коэффициент, определяющий долю объема материала, охватываемого относительными перемещениями, $\psi = 1$.

Требуемое время вибровоздействия, с,

$$t_b = \frac{J}{2\pi\nu}. \quad (5)$$

Таким образом, минимальное время вибровоздействия на балласт составляет $t_b = 2,7$ с. При неизменных продолжительности цикла $t_{\text{ц}} = 4,5$ с и времени заглупления подбоек $t_{\text{загл}} = 0,7$ с время сжатия подбоек должно составлять $t_{\text{сж}} = 2$ с. Сравнение параметров вибровоздействия на балласт до и после модернизации привода спутника показано в таблице. Установлено, что при увеличении времени вибровоздействия с 2 до 2,7 с степень уплотнения балласта повышается на 30 %.

Выполнены расчеты по определению основных параметров пневмогидроцилиндров привода спутника машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1. Поскольку пневмогидроцилиндр представляет собой совокупность гидроцилиндра и пневматического гидроаккумулятора, для определения его параметров можно использовать зависимости для расчета поршневого гидроаккумулятора.

Методика расчета пневмогидроаккумуляторов зависит от скорости протекания процессов зарядки-разрядки. Критерием для выбора расчетных зависимостей является длительность цикла: меньше 1 мин – адиабатическое изменение состояния; 1–3 мин – политропное; больше 3 мин – изотермическое. Поскольку длительность цикла работы пневмогидроцилиндра меньше 1 мин, то процесс изменения состояния газа – адиабатический (рис. 4) [11].

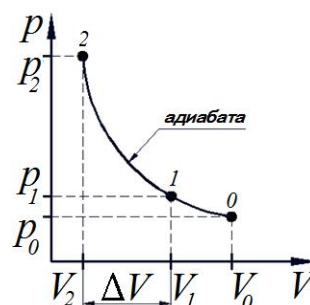


Рис. 4. Адиабатический процесс изменения состояния газа:

p_0 – давление зарядки; p_1 – минимальное рабочее давление; p_2 – максимальное рабочее давление; V_0 – эффективный объем газа; V_1 – объем газа при давлении p_1 ; V_2 – объем газа при давлении p_2 ; ΔV – полезный объем поршневой полости

Рабочие состояния газа в поршневой полости пневмогидроцилиндра показаны на рис. 5.

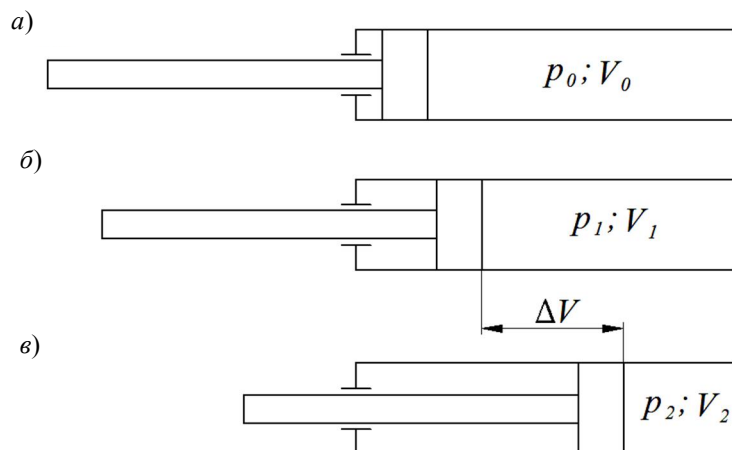


Рис. 5. Параметры газовой полости пневмогидроцилиндра:

a – поршневая полость ПГЦ заряжена сжатым азотом; *б* – минимальное рабочее давление в поршневой полости ПГЦ; *в* – максимальное давление в поршневой полости ПГЦ

Диаметр поршня пневмогидроцилиндра, необходимый для разгона спутника, м,

$$D = \sqrt{\frac{4F_p}{\pi p_2 \eta_{цгм}}}, \quad (6)$$

где F_p – требуемая сила на разгон спутника, принято $F_p = 19\,140$ Н; p_2 – максимальное рабочее давление газа, по рекомендациям [11] принято $p_2 = 10$ МПа; $\eta_{цгм}$ – гидромеханический КПД пневмогидроцилиндра, $\eta_{цгм} = 0,97$ [12].

Вытесняемый (полезный) объем поршневой полости пневмогидроцилиндра, m^3 ,

$$\Delta V = \frac{\pi D^2}{4} X, \quad (7)$$

где X – рабочий ход штока пневмогидроцилиндра, м.

Эффективный объем газа в поршневой полости, m^3 [11],

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}}, \quad (8)$$

где γ – показатель адиабаты, для азота $\gamma = 1,4$ [12].

Минимальное рабочее давление газа, МПа,

$$p_1 = \frac{p_2}{k}, \quad (9)$$

где k – коэффициент, $k = 1 \dots 4$, принято $k = 4$.

Давление зарядки газа [11], МПа,

$$p_0 \geq 0,9 p_1. \quad (10)$$

Принято $p_0 = 2,2$ МПа.

Поскольку изменение параметров газа в поршневой полости пневмогидроцилиндра

происходит адиабатически, уравнение Менделеева – Клайперона можно записать в виде

$$pV^\gamma = \text{const}, \quad p_0 V_0^\gamma = p_2 V_2^\gamma. \quad (11)$$

Из уравнения (7) минимальный («мертвый») объем газа, m^3 ,

$$V_2 = \sqrt[\gamma]{\frac{p_0 V_0^\gamma}{p_2}}. \quad (12)$$

Полный ход штока пневмогидроцилиндра, м,

$$X_0 = \frac{4V_0}{\pi D^2}. \quad (13)$$

«Мертвый» ход штока пневмогидроцилиндра, м,

$$X_2 = \frac{4V_2}{\pi D^2}. \quad (14)$$

«Вспомогательный» ход штока пневмогидроцилиндра, м,

$$X_1 = X_0 - X - X_2. \quad (15)$$

Диаметр штока, из условия обеспечения пневмогидроцилиндром торможения спутника, м, равен:

$$d = \sqrt{\frac{\pi D^2 \eta_{цгм} (p_{ном} - p_1) - 4F_T}{\pi p_{ном} \eta_{цгм}}}, \quad (16)$$

где $p_{ном}$ – номинальное давление в гидросистеме привода спутника, $p_{ном} = 14$ МПа; F_T – требуемая сила на торможение спутника, принято $F_T = 18\,360$ Н [13].

Основные параметры привода спутника машины Duomatic 09-32 CSM, определенные с использованием формул (6)–(16), при требуемых силах на разгон $F_p = 19\,140$ Н и торможение спутника $F_T = 18\,360$ Н составят:



1 – пневмогидроцилиндр; 2 – датчик перемещения штока пневмогидроцилиндра;

спутника; 5, 6 – кронштейны пневмогидроцилиндра

- Модернизированный механизм перемещения спутника показан на рис. 6. Разработанный пневмогидроцилиндр показан на рис. 7. Он состоит из корпуса, крышки, поршня и штока. В отличие от стандартного гидроцилиндра здесь применено несколько уплотнений по поршню. Это сделано для исключения перетечек газа из поршневой полости в штоковую. Также в нем предусмотрены тормозные демпфирующие устройства.

1, 2 – кольца; 3 – манжета; 4 – масленка; 5 – штифт; 6 – втулка демпфера; 7 – втулка сферическая; 8 – гайка; 9 – грязесъемник; 10 – конус демпфера; 11 – корпус; 12 – крышка; 13 – обойма сферическая; 14 – поршень; 15, 16, 17 – проставки; 18 – стакан; 19, 20, 21, 22 – уплотнения поршня; 23 – уплотнение крышки; 24, 25 – уплотнения стакана

1) повысить качество подбивки балласта благодаря повышению скорости перемещения спутника и увеличению продолжительности вибровоздействий подбоек на балласт;

2) повысить производительность машин, особенно при работе на рыхлом балласте, из-за снижения числа проходов машиной одного и того же участка пути;

3) снизить пиковые нагрузки в гидросистеме машины при разгоне спутника, что по-

ложительно сказывается на ресурсе гидродвигателей и гидроаппаратов;

4) снизить затраты энергии на разгон спутника;

5) обеспечить возможность предупреждения внезапных отказов привода спутника.

Стоимость модернизации гидросистемы составляет около 700 тыс. р., а срок окупаемости – 4 мес.

Библиографический список

1. Попович М.В., Бугаенко В.М. Путевые машины для выправки железнодорожного пути, уплотнения и стабилизации балластного слоя. Технологические системы. М., 2008. 285 с.

2. Пат. 102008034582A1 Германия, МПК⁸ E 02 F 9/22. Offenlegungsschrift / Stanger Sebastian (Германия), Wager Bernd (Германия), Asam Dirk (Германия), Lavergne Hans-Peter (Германия); заявитель Liebherr-Hydraulikbagger GmbH, патентообладатель Rechts- und Patentanwaile Lorenz Saideler Gossel; заявл. 24.07.2008; опубл. 28.01.2010. 28 с. : ил.

3. Пат. на полезную модель 161330 Российская Федерация, МПК E 01, B 27/17. Привод спутника выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия / Н.А. Маслов; заявитель и патентообладатель Сиб. гос. ун-т путей сообщения. № 2015120098/11; заявл. 27.05.2015; опубл. 20.04.16, Бюл. № 11. 2 с.: ил.

4. Личбергер Бернхард. Железнодорожный путь: Справ. Гамбург, 2010. 624 с.

5. ORE Frage D161: Dynamische Erscheinungen der Wechselwirkung Fahrzeug // Gleis aus der Sicht der Gleisunterhaltung Bericht. Nr. 1: Allgemeine Bedingungen für die Untersuchung der Entwicklung der geometrischen Gleislage auf Grundlage bisheriger Erkenntnisse. Utrecht, April 1987.

6. Kronnenberger G. Untersuchung über die Verdichtungswirkung und das Arbeitsverhalten eines Einmassenrüttlers auf Schotter und Kiessand zur Ermittlung der maßgeblichen Einflussgrößen bei der Rüttelverdichtung // Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen. Nr. 977. Westdeutscher Verlag Köln und Opladen, 1961.

7. Fischer Johann. Einfluss von Frequenz und Amplitude auf die Stabilisierung von Oberbauschotter: Dissertation. Technische Universität Graz, 1983.

8. Маслов Н.А. Анализ механических неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 2. С. 53–59.

9. Маслов Н.А. Анализ неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных чрезмерным давлением, аэрацией гидравлического масла и кавитацией // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2016. № 1. С. 5–15.

10. Задорин Г.П. Проектирование шпалоподбивочных органов машин циклического действия: Метод. указ. по курсовому и дипломному проектированию. Новосибирск: Изд-во НИИЖТа. 1985. 53 с.

11. Hydac International. Accumulators. URL: <http://www.hydac.com> (дата обращения: 12.12.2014).

12. Мокин Н.В. Гидравлические и пневматические приводы: Учеб. Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2004. 354 с.

13. Машина выправочно-подбивочно-рихтовочная Duomatic 09-32 CSM. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / Центральное конструкторское бюро тяжелых путевых машин. М., 2000. 415 с.

N.A. Maslov

Modernization of the Satellite's Drive of Duomatic 09-32 CSM and PMA-1 Liner-Tamper-Surfacers

Abstract. Under limited time allotted for servicing railway tracks, high-performance track machines and systems are gaining in importance. Quick and trouble-free operation of these machines defines the intensity and traffic safety on railway lines. For repair and routine maintenance of railroad tracks over the railway system of Russia, continuous-cyclic liner-straightening-tamping machines, the Austrian Duomatic 09-32 CSM machine and its Russian analogue, the PMA-1 machine, are widely used. The reserves for raising the processing capacity of those machines still are not exhausted. For instance, the time required for accomplishing technological operations can be reduced through modernization of the satellite's hydraulic drive.

An analysis of the work cycle of the machines has shown that the main factors worsening the finishing and straightening quality of railway tracks are as follows: an insufficiently high processing capacity offered by the machine, a high height to which the track panels need to be lifted; a large volume of ballasting operations needing to be performed; and the wear of the working equipment.

The purpose of the present study was modernization of the satellite's hydraulic drive of Duomatic 09-32CSM and PMA-1 machines aimed at enhancing the processing capacity and ballast tamping quality offered by these machines in combination with the use of self-diagnostic means intended for preventing sudden failures of satellite drives.

The operating cycle of Duomatic 09-32 CSM and PMA-1 surfacers has been analyzed. Reserves for raising the productivity of the machines have been estimated. The hydraulic diagram of the satellite drive of the surfacers has been modernized. Basic parameters of the vibration action due to the ballast hammers on the ballast in the upgraded machines have been identified. The main parameters of the upgraded satellite drive have been estimated.

Key words: *satellite drive; hydropneumatic cylinder; liner-tamper-surfacer.*

Маслов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины» СГУПСа. E-mail: namaslov@mail.ru