

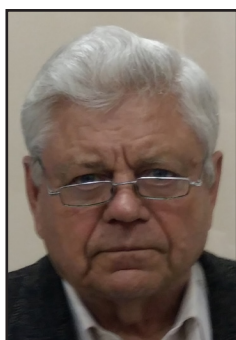


Метод оценки отказов клеммно-болтовых промежуточных креплений



Николай ЛЫСЕНКО
Nikolay N. LYSENKO

Евгений МЕЛЕШОНКОВ
Evgeny I. MELESHONKOV



Алексей ДЕРЖАВИН
Alexey N. DERZHAVIN

*Лысенко Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Мелешонков Евгений Иванович – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.
Державин Алексей Николаевич – аспирант МИИТ, Москва, Россия.*

Method of Estimation of Clip-Bolt Intermediate Fastenings Failures
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 182)

Авторами решается задача определения эксплуатационных рисков, касающихся элементов железнодорожного пути при нарастающих с течением времени изменениях геометрии рельсовой колеи из-за ослабления или поломок клеммно-болтовых промежуточных креплений.

Для оценки отказов креплений предложен метод, основанный на использовании параметра отжатия рельсов под поездной нагрузкой. Параметр может быть получен с помощью автоматизированных диагностических средств типа КВЛ-П, АДКИ «ЭРА» и аналогичных им. В статье дается схема расчёта величины отжатия головки рельса в зависимости от количества дефектных креплений. Оговорены условия применения метода.

Ключевые слова: железная дорога, рельсовый путь, эксплуатационные риски, отказы рельсовых клеммно-болтовых креплений, метод оценки.

Проблемы безопасной эксплуатации и технического состояния путей предполагают самые разные формы участия инженерных служб. Одна из постоянных их забот – защита от нарастающих с течением времени изменений геометрии рельсовой колеи из-за ослабления или поломок промежуточных клеммно-болтовых креплений (КБ). Эта задача решается в соответствии с принципами, изложенными в «Концепции комплексного управления надёжностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте» (УРРАН) [1]. Причем здесь важна прежде всего профилактика, своевременное предупреждение о грозящей опасности на участке пути, где возникла или может возникнуть угроза для движения поездов.

Когда речь идет об изменениях геометрии рельсовой колеи из-за дефектов промежуточных КБ-креплений, исходными данными для оценки вероятности отказов элементов пути становится прежде всего такой параметр, как отжатие головки рельса, характеризую-

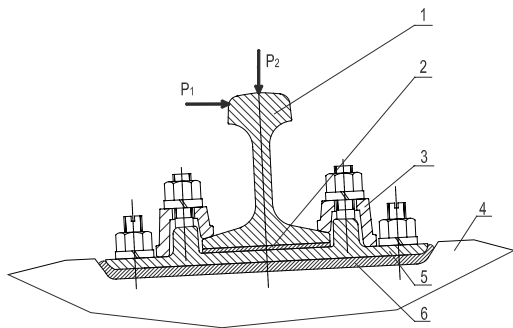


Рис. 1. Силы воздействия P_1 и P_2 в зоне клеммно-болтового скрепления с рельсом Р65:
1. Рельс Р65. 2. Прокладка под рельс. 3. Клемма. 4. Шпала железобетонная. 5. Подкладка. 6. Прокладка под подкладку.

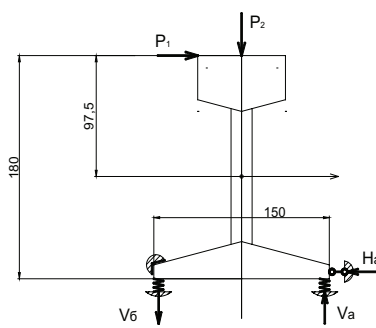


Рис. 2. Расчётная модель:
 $P_1 = 5,22$ т – горизонтальная сила; $P_2 = 10,25$ т – вертикальная сила; H_a – горизонтальная реакция; V_a – вертикальная реакция в точке «а»; V_b – вертикальная реакция в точке «б».

ший разницу между размером колеи под поездной нагрузкой и без нее. Параметр отжатия может быть получен автоматизированными диагностическими средствами КВЛ-П, АД-КИ «ЭРА» и др., но нужны еще и методически четкие оценочные действия, расчётные схемы для выявления участков пути, рекомендуемых к дотяжке или замене промежуточных рельсовых скреплений типа КБ.

Целью расчёта на первом этапе является определение угла поворота короткого рельса в скреплении КБ при воздействии на него поперечной и вертикальной сил подвижного состава (рис. 1).

Скрепление КБ принадлежит к разряду жестких, и поворот рельса осуществляется за счёт деформации подрельсовой резиновой прокладки 2, характеристика которой соответствует ГОСТ Р 56291–2014 [2].

Относительная деформация прокладки под действием поездной нагрузки, равной 23 т на ось, после 10-кратного статистического сжатия Δ не превышает 30%. Принимаем податливость прокладки под действием поездной нагрузки $\Delta = 1/20 = 0,2$ (мм / т).

Для определения угла поворота рельса приводим упрощенную модель расчёта, которая позволяет оценить предельные границы перемещения стальной нити.

В расчёте принимаются следующие допущения:

- деформация нащпальной прокладки (п. 6 рис. 1) считается незначительной и потому не учитывается;
- используется кусок рельса Р65 длиной 50 см, установленный с помощью скрепления КБ на железобетонной шпале;

• нагрузки отвечают ГОСТ 32698–2014 (Скрепление рельсовое промежуточное железнодорожного пути. Требования безопасности и методы контроля) и равны $P_1 = 5,22$ т и $P_2 = 10,25$ т.

На рис. 2 приведена модель расчёта, на основе которой определялись реакции и перемещения рельса.

Из условия равновесия $\sum M_a = 0$; $\sum M_b = 0$; $\sum F_x = 0$ получаем:

$$\begin{aligned} P_1 \cdot 180 + P_2 \cdot 75 - V_a \cdot 150 &= 0; \\ P_1 \cdot 180 - P_2 \cdot 75 - V_b \cdot 150 &= 0; \\ P_1 - H_a &= 0. \end{aligned}$$

Отсюда $H_a = 5,22$ т; $V_a = 11,39$ т; $V_b = 1,15$ т.

При воздействии указанных сил пружина (б) не удлиняется по условиям конструкции опоры, а пружина (а) сжимается с податливостью $\delta = 0,2$ (мм/т).

В этом случае рельс повернется вокруг опоры (б) на угол ϕ_b и пружина в опоре (а) сожмется на величину $\Delta_a = \delta \cdot V_a = 0,2 \cdot 11,39 = 2,27$ (мм).

Соответственно угол поворота будет:

$$\phi_a = \Delta_a / 150 = \Delta_r / H_p,$$

где $H_p = 180$ мм – высота рельса Р65.

Поскольку отжатие рельса Δ_r определяется по перемещению внутренней поверхности головки рельса, то

$$\Delta_r = \Delta_a \cdot 180 / 150 = 2,27 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ (мм)} \approx 3 \text{ (мм)}.$$

Из приведенного расчёта следует, что поворот рельса Р65 под действием приложенных сил в скреплении КБ происходит за счёт деформации подрельсовой прокладки, при этом смещение (отжатие) головки рельса не превышает 3 мм.



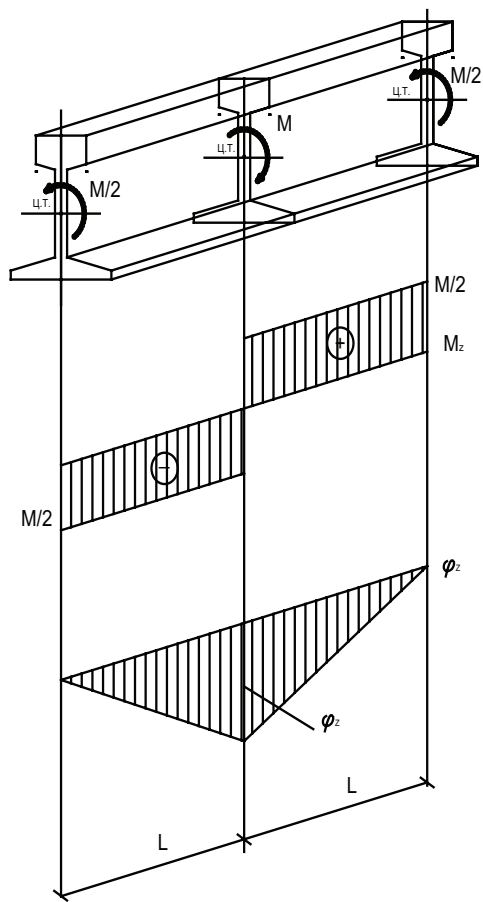


Рис. 3. Расчётная схема для оценки поворота рельса с одним неработающим креплением.

Есть основание считать:

- На месте крепления КБ с нормативным затянутым моментом гаек клеммных болтов отжатие рельса имеет предел $\Delta_r \approx 3$ (мм).
- При отжатии рельса с $\Delta_r > 3$ (мм) можно утверждать, что в промежуточном креплении клеммные болты недостаточно затянуты или оно сломано.
- Появляется возможность по величине отжатия рельса оценить состояние креплений КБ.

* * *

Однако для количественной оценки неработающих креплений необходимо установить зависимость между величиной отжатия рельса и числом сломанных или плохо затянутых креплений по длине плети.

Для этого надо определить угол скручивания рельса при одном, трех, пяти и семи подряд неработающих креплениях от

вертикальных и горизонтальных сил, действующих на рельс.

На рис. 3 представлена расчётная схема для оценки поворота рельса с одним неработающим креплением. Для упрощения расчёта принимаем смежные со сломанным креплением как жесткие заделки. Тогда угол поворота в сечении со сломанным креплением будет равен:

$$\phi = M \cdot L / 2G \cdot I_{кр},$$

где M – момент кручения в сечении приложения горизонтальной силы (кг · см);

L – расстояние между промежуточными опорами (см);

G – жесткость рельса Р65 на кручение;

$I_{кр}$ – момент инерции рельса Р65 на кручение.

Величины G и $I_{кр}$ взяты из ГОСТ Р 51685–2000* [3].

Крутящий момент в заделке:

$$M = P_2 \cdot h_2 = 5,22 \cdot 10^3 \cdot 9,75 = 51 \cdot 10^3 \text{ (кг · см)}.$$

Определяем углы поворота в сечениях дефектных креплений.

- При одном сломанном креплении:

$$L = 50 \text{ см};$$

$$\phi_1 = 51 \cdot 10^3 \cdot 50 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ (рад)}.$$

- При трех сломанных креплениях:

$$L = 100 \text{ см};$$

$$\phi_3 = 51 \cdot 10^3 \cdot 100 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 11 \cdot 10^{-3} \text{ (рад)}.$$

- При пяти сломанных креплениях:

$$L = 150 \text{ см};$$

$$\phi_5 = 51 \cdot 10^3 \cdot 150 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 16,6 \cdot 10^{-3} \text{ (рад)}.$$

- При семи сломанных креплениях:

$$L = 200 \text{ см}.$$

$$\phi_z = 51 \cdot 10^3 \cdot 200 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 22 \cdot 10^{-3} \text{ (рад)}.$$

Соответственно горизонтальные перемещения головки рельса будут составлять:

$$\Delta_r = h \cdot \phi_z.$$

Определяем горизонтальные перемещения головок рельса на местах дефектных креплений.

- При одном сломанном креплении:

$$L = 50 \text{ см};$$

$$\Delta_r = 180 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ (мм)}.$$

- При трех сломанных креплениях:

$$L = 100 \text{ см};$$

$$\Delta_r = 180 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ (мм)}.$$

- При пяти сломанных креплениях:

$$L = 150 \text{ см};$$

Углы поворота и горизонтальные перемещения головок рельсовой плети

№	Число негодных Скреплений, шт.	Расстояние от дей- ствующей силы до заделки, L, см	Угол поворота рельса, ϕ_z , рад.	Смещение головки рельса, Δ_r , мм
1	1	50	$5,5 \cdot 10^{-3}$	1,41
2	3	100	$11,0 \cdot 10^{-3}$	2,41
3	5	150	$16,6 \cdot 10^{-3}$	3,41
4	7	200	$22,0 \cdot 10^{-3}$	4,41

$$\Delta_r = 180 \cdot 16,6 \cdot 10^{-3} = 3,00 \text{ (мм)}.$$

- При семи сломанных скреплениях:

$$L = 200 \text{ см};$$

$$\Delta_r = 180 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ (мм)}.$$

Полученные результаты представляют минимальные значения углов поворота и горизонтальных перемещений рельса Р65, так как заделки рельса считались абсолютно жесткими.

В действительности рельс в заделке поворачивается за счёт деформации прокладок. Поэтому далее, учитывая деформации прокладок, определяем поворот рельса как в упругих заделках.

На рис. 4 представлена расчётная схема для определения величины деформации рельса в заделке.

Определяем усилие в заделке из уравнения

$$V_a \cdot b = M / 2;$$

$$V_a = M / 2 \cdot b = 51 \cdot 10^3 / 2 \cdot 15 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ (кг)} - \text{усилие, действующее на пружины.}$$

Перемещение пружины от действия на нее силы P:

$$\Delta_a = \delta \cdot V_a = 0,2 \cdot 1,7 = 0,34 \text{ (мм)}.$$

Угол поворота рельса:

$$\phi_z = \Delta_a / b = 0,34 / 150 = 0,0023 \text{ (рад)} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ (рад)}.$$

Перемещение головки рельса:

$$\Delta_r = \Delta_a \cdot 180 / 150 = 0,34 \cdot 1,2 = 0,41 \text{ (мм)}.$$

Углы поворота и горизонтальные перемещения головок рельсовой плети в зависимости от количества негодных скреплений приведены в таблице 1.

На основании приведенного расчёта выявлено:

- При нормативной эксплуатации участка пути определить отказ промежуточных рельсовых скреплений типа КБ

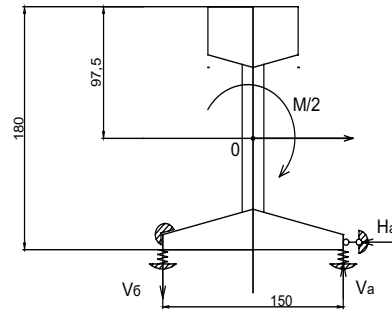


Рис. 4. Расчётная схема для определения величины деформации рельса в заделке.

в количестве 1–2 шт. на основе смещения головки рельса под нагрузкой (параметр отжатия) затруднительно, так как оно весьма мало и составляет всего 1,41 мм.

- Для использования в качестве критерия предельного значения смещения головки рельса необходимо, чтобы отказ произошел не менее чем на трех промежуточных рельсовых скреплениях типа КБ, при этом горизонтальная величина смещения головки превысит 2,41 мм.

• Метод предельных значений, основанный на смещении головки рельса, применим при диагностике пути и при назначении плано-предупредительного ремонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция «Комплексного управления надёжностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте» (УРРАН). [Электронный ресурс]: <http://oac.rgotups.ru/misc/files/39.4.3.pdf>. Доступ 12.01.2016.

2. ГОСТ Р 56291–2014. Прокладки рельсовых скреплений железнодорожного пути. Технические условия.

3. ГОСТ Р 51685–2000*. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. ●

Координаты авторов: **Лысенко Н. Н.** – lysenko-pph@rambler.ru, **Мелешонков Е. И.** – (495) 684–2174, **Державин А. Н.** – (499) 972–1496.

Статья поступила в редакцию 12.01.2016, принята к публикации 26.04.2016.



METHOD OF ESTIMATION OF CLIP-BOLT INTERMEDIATE FASTENINGS FAILURES

Lysenko, Nikolay N., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Meleshonkov, Evgeny I., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Derzhavin, Alexey N., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The authors solve the problem of determination of operational risks relating to elements of a railway track under increasing over time changes in the track geometry due to weakening or breakdown of clip-bolt intermediate fastenings. To evaluate fastenings' failures a method is offered based on the use of a

parameter of rails' displacement under train load. The parameter can be obtained by using automated diagnostic devices type KVL-P, ADK-I and «ERA» and similar to them. The article provides calculation of rail head displacement value, depending on the number of defective fastenings. The conditions for method's application are stipulated.

Keywords: railway, railway track, operational risks, failures of rail clip-bolt fastenings, evaluation method.

Background. The problems of safe operation and technical condition of tracks involve various forms of participation of engineering services. One of their constant concerns is protection from track geometry changes increasing over time due to weakening or breakdown of intermediate clip-bolt fastenings (hereinafter – CB). This problem is solved in accordance with the principles set out in the «Concept of integrated control of reliability, risk, life cycle costs on the railways» (URRAN) [1]. And here the most important issues are prevention, timely warning of impending danger at the site of a track where a threat to train movement has occurred or could occur.

When it comes to changes in track geometry due to defects in intermediate CB-fastenings, the original data to assess the likelihood of track elements failures becomes primarily a parameter such as rail head displacement, characterizing the difference between the size of a track under train load and without it. Displacement parameter can be obtained using automated diagnostic tools KVL-P, ADK-I and «ERA» and others, but methodically there is a need for more precise estimates, design schemes to identify sections of the tracks recommended for dragging or replacement of intermediate rail fastenings of CB type.

Objective. The objective of the authors is to present an assessment method applied in case of clip-bolt intermediate fastenings failures.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, mathematical apparatus, analysis, comparative method, graph construction.

Results. The aim of calculation at the first stage is determination of rotation angle of a short rail in CB fastening subjected to transverse and vertical forces of rolling stock (Pic. 1).

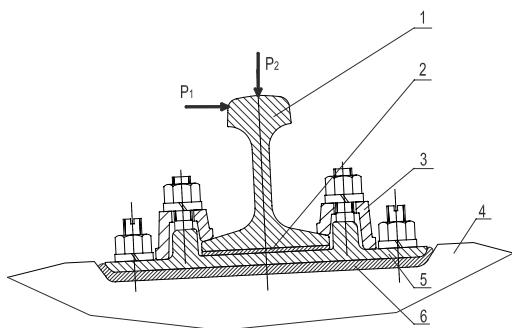
CB fastening belongs to the category of rigid, and rail rotation takes place due to deformation of under-rail rubber gasket 2, the characteristic of which corresponds to GOST [Russian standard] R56291–2014 [2].

Relative deformation of the gasket under the action of train load of 23 tons per axle, after a 10-fold statistical compression Δ does not exceed 30%. Let's take yielding of the gasket under the action of train load $\Delta = 1/20 = 0,2$ (mm / t).

To determine rail rotation angle we take a simplified calculation model, which allows us to estimate the ultimate value of steel filaments' movement.

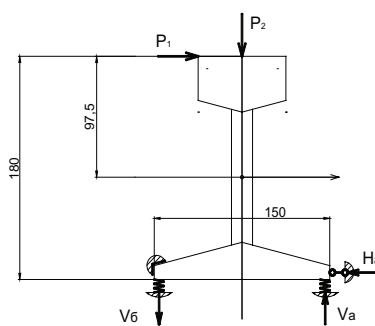
The following assumptions are taken into account:

- pad deformation (p. 6 Pic. 1) is considered insignificant and therefore is not taken into account;
- a piece of rail R65 with the length of 50 cm is used, installed with CB fastening on a concrete sleeper;
- loads meet GOST 32698–2014 (Intermediate fastening of a railway track. Safety requirements and



Pic. 1. Impact forces P_1 and P_2 in the area of clip-bolt fastening with the rail R65:

1. Rail R65. 2. Gasket under the rail. 3. Clip.
4. Concrete sleeper. 5. Baseplate. 6. Gasket under baseplate.



Pic. 2. Calculation model:

- $P_1 = 5,22$ t – horizontal force; $P_2 = 10,25$ t – vertical force; H_a – horizontal reaction; V_a – vertical reaction at the point «a»; V_b – vertical reaction at the point «b».

control methods) and are equal to $P_1 = 5,22 \text{ t}$ and $P_2 = 10,25 \text{ t}$.

Pic. 2 shows the calculation model, used to determine reaction and movement of the rail.

From the equilibrium condition $\sum M_a = 0$; $\sum M_b = 0$;

$\sum Fx = 0$ we get:

$$P_1 \cdot 180 + P_2 \cdot 75 - V_a \cdot 150 = 0;$$

$$P_1' \cdot 180 - P_2' \cdot 75 - V_b' \cdot 150 = 0;$$

$$P_1 - H_a = 0.$$

$$\text{Hence } H_a = 5,22 \text{ t}; V_a = 11,39 \text{ t}; V_b = 1,15 \text{ t}.$$

Under the influence of these forces the spring (b) is not extended on design conditions of the support, and the spring (a) is compressed with yielding $\delta = 0,2 \text{ (mm/t)}$.

In this case, the rail rotates around the support (b) to an angle ϕ_b and a spring in the support (a) is compressed to a value $\Delta_a = \delta \cdot V_a = 0,2 \cdot 11,39 = 2,27 \text{ (mm)}$.

Accordingly, rotation angle will be:

$$\phi_a = \Delta_a / 150 = \Delta_h / H_r,$$

where $H_r = 180 \text{ mm}$ is a height of a rail R65.

Since rail displacement Δ_h is determined by movement of the inner surface of the rail head, then $\Delta_h = \Delta_a \cdot 180 / 150 = 2,27 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ (mm)} \approx 3 \text{ (mm)}$.

From the above calculation it follows that R65 rail rotation under the action of applied forces in CB fastening occurs due to deformation of the under-rail gasket, displacement of the rail head is less than 3 mm.

There is a reason to believe:

- In the place of CB fastening with standard tightened moment of screws of clip bolts rail displacement has a limit $\Delta_h \approx 3 \text{ (mm)}$.

- In case of rail displacement with $\Delta_h > 3 \text{ (mm)}$ it can be stated that in the intermediate fastening clip bolts are not tightened enough or it is broken.

- There is an opportunity using the value of rail displacement to evaluate the condition of CB fastenings.

However, to quantify inoperable fastenings, it is necessary to establish a relationship between the magnitude of rail displacement and the number of broken or badly tightened fastenings along the string length.

For this it is necessary to determine the angle of rail twisting with one, three, five and seven consecutive inoperable fastenings from vertical and horizontal forces acting on the rail.

Pic. 3 shows the calculation scheme for rail rotation evaluation with one inoperable fastening. To simplify the calculation we take fixations adjacent to the broken fastenings as rigid fixations. Then the rotation angle in the section with a broken fastening will be:

$$\phi = M \cdot L / 2G \cdot I_{\text{fast}}$$

where M is a torque in a cross-section of application of a horizontal force ($\text{kg} \cdot \text{cm}$);

L is distance between intermediate supports (cm);

G is torsion rigidity of R65 rail;

I_{tor} is moment of torsion inertia of R65 rail.

Values G and I_{tor} are taken from GOST R51685-2000* [3].

Torsion moment in the rigid fixation:

$$M = P_2 \cdot h_2 = 5,22 \cdot 10^3 \cdot 9,75 = 51 \cdot 10^3 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}.$$

We determine rotational angles in cross-sections of defective fastenings.

- In case of one broken fastening:

$$L = 50 \text{ cm};$$

$$\phi_1 = 51 \cdot 10^3 \cdot 50 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ (rad)}.$$

- In case of three broken fastenings:

$$L = 100 \text{ cm};$$

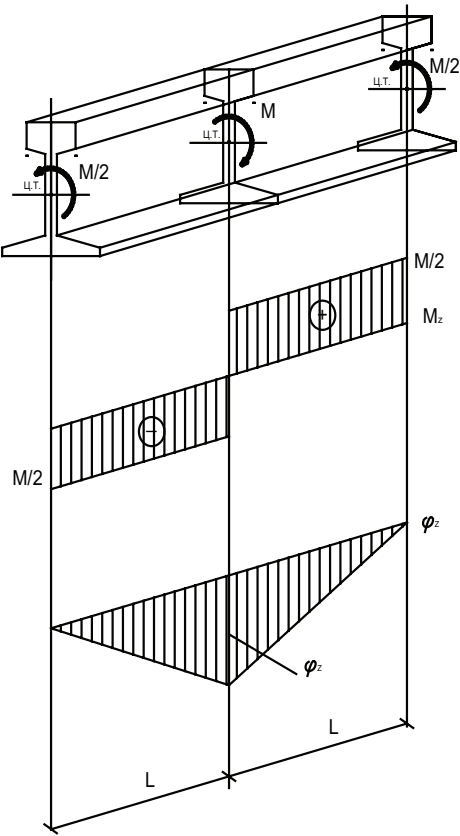


Fig. 3. Calculation scheme for evaluating the rotation of the rail with one inoperable fastening.

$$\phi_3 = 51 \cdot 10^3 \cdot 100 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 11 \cdot 10^{-3} \text{ (rad)}.$$

- In case of five broken fastenings:

$$L = 150 \text{ cm};$$

$$\phi_5 = 51 \cdot 10^3 \cdot 150 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 16,6 \cdot 10^{-3} \text{ (rad)}.$$

- In case of seven broken fastenings:

$$L = 200 \text{ cm}.$$

$$\phi_7 = 51 \cdot 10^3 \cdot 200 / 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 288 = 22 \cdot 10^{-3} \text{ (rad)}.$$

Naturally horizontal movement of the rail head will be:

$$\Delta_h = h \cdot \phi_z.$$

Let's determine horizontal movement of rail heads in the places of defective fastenings.

- In case of one broken fastening:

$$L = 50 \text{ cm};$$

$$\Delta_h = 180 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ (mm)}.$$

- In case of three broken fastenings:

$$L = 100 \text{ cm};$$

$$\Delta_h = 180 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ (mm)}.$$

- In case of five broken fastenings:

$$L = 150 \text{ cm};$$

$$\Delta_h = 180 \cdot 16,6 \cdot 10^{-3} = 3,00 \text{ (mm)}.$$

- In case of seven broken fastenings:

$$L = 200 \text{ cm};$$

$$\Delta_h = 180 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ (mm)}.$$

The results represent the minimum values of rotation angles and horizontal displacements of R65 rail as fixations of rails were considered absolutely rigid.

In fact, the rail in the fixation rotates due to deformation of the gaskets. Therefore, further, considering gaskets' deformation we define rail rotation as in elastic fixations.



Rotation angles and horizontal displacements of rail string heads

№	The number of defective fastenings, pcs	The distance from the applied force to the fixation, L, cm	The rail rotation angle, ϕ_z , rad.	The rail head displacement, Δ_n , mm
1	1	50	$5,5 \cdot 10^{-3}$	1,41
2	3	100	$11,0 \cdot 10^{-3}$	2,41
3	5	150	$16,6 \cdot 10^{-3}$	3,41
4	7	200	$22,0 \cdot 10^{-3}$	4,41

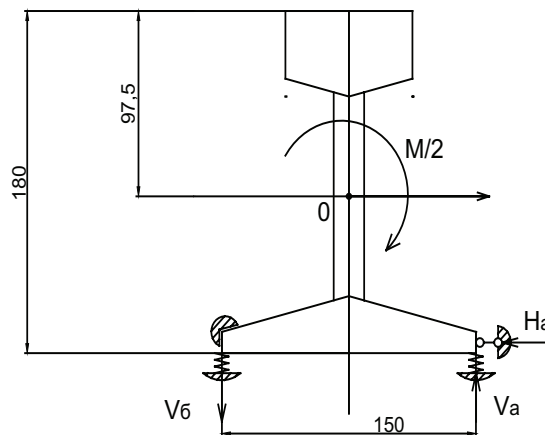


Fig. 4. Calculation scheme for determining the value of rail deformation in the fixation.

Pic. 4 shows the calculation scheme for determining the value of rail deformation in the fixation.

We determine the force in the fixation using the equation

$$V_a \cdot b = M/2;$$

$V_a = M/2 \cdot b = 51 \cdot 10^3 / 2 \cdot 15 = 1,7 \cdot 10^3$ (kg) – a force, acting on springs.

Spring displacement caused by action of the force P on it:

$$\Delta_a = \delta \cdot V_a = 0,2 \cdot 1,7 = 0,34$$
 (mm).

Rail rotation angle:

$$\phi_z = \Delta_a / b = 0,34 / 150 = 0,0023$$
 (rad) = $2,3 \cdot 10^{-3}$ (rad).

Rail head displacement:

$$\Delta_n = \Delta_a \cdot 180 / 150 = 0,34 \cdot 1,2 = 0,41$$
 (mm).

Rotation angles and horizontal displacements of rail heads of the string depending on the number of defective fastenings are shown in Table 1.

Conclusions

With regard to the calculations it was revealed the following:

- In case of regulatory operation of the track section it is difficult to determine the failure of 1-2 intermediate rail fastenings type CB accounting only

on shift of rail head under load (displacement parameter), since it is very small and amounts to only 1,41 mm.

- To use as a criterion the limit value of rail head shift, it is necessary that the failure occurs at least at three intermediate fastenings of CB type, while the horizontal value of rail shift exceeds 2,41 mm.

- The limit value method based on rail head displacement, is applicable to the diagnosis of the track and when scheduling preventative maintenance.

REFERENCES

- The concept of «Integrated control of reliability, risk, life cycle costs on the railways» (URRAN) [Konceptija «Kompleksnogo upravlenija nadjozhnost'ju, riskami, stoimost'ju zhiznennogo cikla na zhelezodorozhnom transporte» (URRAN)]. [Electronic source]: <http://oac.rgotups.ru/misc/files/39.4.3.pdf>. Last accessed 12.01.2016.
- GOST R56291–2014. Gaskets of rail fastening of a railway track. Specifications [GOST R56291–2014. Prokladki rel'sovyh skreplenij zhelezodorozhnogo puti. Tehnicheskie uslovija].
- GOST R51685–2000*. Railway rails. General specifications [GOST R51685–2000*. Rel'sy zhelezodorozhnye. Obshhie tehnicheskie uslovija].

Information about the authors:

Lysenko, Nikolay N. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, lysenko-pph@rambler.ru.

Meleshonkov, Evgeny I. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7(495)684–2174.

Derzhavin, Alexey N. – Ph.D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7 (499) 972–1496.

Article received 12.01.2016, accepted 26.04.2016.