

УДК 65.17:681.5

П. В. КОВТУН, канд. техн. наук, доцент

Белорусский государственный университет транспорта

В. А. МУСИЛОВИЧ

Белорусская железная дорога

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ

Рассмотрена актуальность автоматизации инженерных расчетов, проводимых в путевом хозяйстве Белорусской железной дороги. Приведено описание работы созданной программы для автоматизированного расчета численности работников и разобраны ее преимущества.

Автоматизация представляет собой внедрение технологий, позволяющих максимально оптимизировать и, в конечном итоге, упростить различные виды деятельности любой организации. Основным преимуществом внедрения автоматизации в производственный процесс является повышение эффективности за счет улучшения производительности труда персонала и точности расчетов. Производительность при автоматизации растет благодаря увеличению объема работ, а также за счет сокращения времени, необходимого для производства решения поставленных задач. Точность позволяет существенно сократить влияние человеческого фактора, что сказывается на общем уменьшении количества ошибок.

В путевом хозяйстве помимо организации и выполнения работ по содержанию железнодорожного пути в технически исправном состоянии также выполняется ряд различных производственных процессов, одним из которых являются инженерные расчеты. К инженерным расчетам, производимых в дистанциях пути Белорусской железной дороги, относятся все процессы, совершаемые инженерно-техническим персоналом, связанные с расчетами технических, производственных, эксплуатационных и прочих характеристик в соответствии с действующей нормативной документацией.

В дистанциях пути применяются автоматизированные системы, которые позволяют оптимизировать различные процессы. Примером таких систем являются: АС «Окна», предназначенная для автоматизированной подачи и обработки заявок на производства работ; АСКД-И «Эксперт», предназначенная для сбора, хранения и контроля данных, полученных от диагностиче-

ских средств железнодорожного пути; АС «Пред», предназначенная для выдачи и регистрации предупреждений движения поездов и т. п. Однако большинство операций, выполняемых при производстве инженерных расчетов, производится ручным способом, что является весьма трудоемким процессом, ввиду чего возникает необходимость автоматизации данных решений.

Одним из многочисленных неавтоматизированных процессов инженерных расчетов является определение численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений. В дистанциях пути данный расчет производится либо с применением калькулятора, либо с помощью MS Excel. Расчет численности производится в соответствии с приказом от 28.07.2017 № 235Н «Об утверждении нормативов численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений» и приказом от 26.06.2020 № 224Н «О внесении изменений в приказ от 28.07.2017 № 235Н» [1]. Данный расчет включает в себя довольно обширное число операций, начиная от анализа технической и эксплуатационной характеристики устройства железнодорожного пути в пределах всей дистанции и заканчивая расчетом различных поправочных коэффициентов. Также при производстве работ по смене конструкции железнодорожного пути либо при изменении эксплуатационных факторов возникает необходимость перерасчета численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений. Учитывая вышперечисленные факторы, данный процесс является весьма трудоемким и требующим постоянной корректировки из-за изменения характеристик, ведущих, в свою очередь, к изменению норм и коэффициентов расчета.

Нормативы численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений (далее – Нормативы численности) [1], разработаны на основе применяемых методических и нормативных документов, технологической документации, рабочих инструкций, фотохронометражных наблюдений, статистических данных. Нормативы численности предназначены для выполнения расчета численности работников (монтеров пути, ремонтников искусственных сооружений, бригадиров (освобожденных) предприятий железнодорожного транспорта и метрополитена, мастеров дорожных и мостовых), занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений в дистанции пути, при условии соблюдения технологий и требований безопасности производства работ. Наличие тех или иных профессий при производстве работ, представленных в настоящих Нормативах численности, устанавливается руководителем дистанции пути или лицом, его замещающим, с учетом наибольшего удельного веса выполняемых работ в пределах нормативной численности.

Расчет численности работников, занятых на текущем содержании пути и искусственных сооружений, производится в зависимости от конструкции пу-

ти, грузонапряженности линий, скоростей движения, эксплуатационных условий и применяемых путевых машин.

Учитывая возможность перераспределения работников, связанную с неравномерной загрузкой, расчетная численность до целого значения по каждому из участков главных, станционных, подъездных и прочих путей, стрелочных переводов не округляется. Округлению подлежит итоговое значение численности работников каждой профессии по структурному подразделению.

В Нормативах численности учтены все основные работы, выполняемые при текущем содержании пути и предусмотренные технологией, в том числе работы по балласту, шпалам, рельсам и скреплениям, стрелочным переводам, погрузочно-разгрузочные и транспортные работы, работы по путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота, работы по исправлению пути на пучинах, а также работы, связанные с текущим содержанием искусственных сооружений, земляного полотна, ежедневные осмотры пути, ограждение места работ, затраты времени, связанные с пропуском поездов, компенсацией отсутствия работников, подлежащих замещению.

Для компенсации потерь рабочего времени, связанных с отсутствием на рабочем месте работников, подлежащих замещению, при выполнении расчетов численности следует применять коэффициент перевода явочной численности в списочную, который определяется в соответствии с установленным порядком его применения в организациях Белорусской железной дороги.

Не включены в Нормативы численности работы, связанные с очисткой пути от снега и защитой пути от водных потоков, работы по содержанию пассажирских платформ, полосы отвода.

Нормативы численности не регламентируют технологию и перечень работ, обязательный для выполнения, а также технологическое обеспечение в части оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений, применяемых машин, механизмов и оборудования, материально-технических ресурсов, необходимых для производства работ.

Нормативы численности рассчитаны исходя из рациональной организации труда с учетом полной обеспеченности на месте производства работ всеми необходимыми материалами и инструментами. Недостатки в организации труда не могут служить основанием для увеличения численности работников.

В случае, если работа выполняется меньшей численностью за счет совершенствования организации труда и внедрения комплексной механизации работ, чем это предусмотрено Нормативами численности, и при этом заданные объемы работ выполняются качественно и в соответствии с установленной технологией и требованиями охраны труда, то увеличение фактической численности до нормативной не осуществляется.

Порядок расчета численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений при применении средств малой механизации и ручного инструмента:

1 Нормативы численности работников, занятых текущим содержанием пути, установлены в зависимости от грузонапряженности и скоростей движения поездов на основную применяемую конструкцию железнодорожного пути: рельсы типа Р65, балласт щебеночный, рельсы длиной 25 м, плети бесстыкового пути длиной до 900 м, шпалы деревянные и железобетонные.

2 Расчет численности работников для обслуживания конкретного участка производится по нормативам численности работников, занятых текущим содержанием путей и стрелочных переводов, в зависимости от классов пути, развернутой длины пути, количества стрелочных переводов и поправочных коэффициентов, которые определяют численность для конкретных условий эксплуатации с учетом конструктивных особенностей.

3 Нормативы численности работников, занятых текущим содержанием главных путей, для участка, характеризующегося величиной грузонапряженности, не совпадающей с табличными данными, определяются методом интерполяции.

Нормативы численности работников, занятых текущим содержанием стрелочных переводов и искусственных сооружений, определяются без применения метода интерполяции.

4 Расчет численности работников производится по нормативам численности для каждого обслуживаемого участка (линейного отделения, линейного участка (околотка) дистанции пути, отдельно для главных, станционных и прочих путей, а также стрелочных переводов.

Расчет численности производится для главных ($P_{гл}$), станционных и прочих ($P_{ст}$) путей по формуле

$$P_{гл(ст)i} = N L_i, \quad (1)$$

где $P_{гл(ст)i}$ – численность работников, обслуживающих i -й участок главных, станционных и прочих путей, чел.; N – нормативная численность для конструкции, фактической грузонапряженности и скорости движения поездов (класса пути) конкретного участка, чел-год; L_i – развернутая длина i -го участка пути, км.

Суммарная численность работников, обслуживающих главные, станционные и прочие пути $P_{гл(ст)}$, равна суммарной численности работников, обслуживающих отдельные участки:

$$P_{гл(ст)} = \sum P_{гл(ст)i}. \quad (2)$$

Для стрелочных переводов численность работников $P_{стр}$ определяется по формуле

$$P_{стри} = N Q_i, \quad (3)$$

где $P_{\text{стр}i}$ – численность работников, обслуживающих стрелочные переводы i -го типа, чел.; N – нормативная численность для конкретного типа и марки стрелочного перевода соответствующего размера грузонапряженности и скорости движения (класса пути) чел-год; Q_i – количество стрелочных переводов i -го типа и марки при соответствующей скорости движения и грузонапряженности, шт.

Суммарная численность работников, обслуживающих стрелочные переводы,

$$P_{\text{стр}} = \sum P_{\text{стр}i} . \quad (4)$$

5 Значения, полученные при расчете по нормативам численности, корректируются на величину поправочного коэффициента K_3 , который учитывает местные эксплуатационные факторы и может определяться одним из двух вариантов.

Первый вариант. Поправочный коэффициент определяется как обобщенный в целом для обслуживаемого участка по формуле

$$K_3 = 1 + \frac{\sum L_i (K_i - 1)}{L_{\text{общ}}} , \quad (5)$$

где L_i – развернутая длина i -го участка пути с индивидуальными эксплуатационными условиями, км (количество стрелочных переводов, шт.); K_i – величина поправочного коэффициента для i -го участка (стрелочного перевода) на условия эксплуатации; $L_{\text{общ}}$ – общая развернутая длина обслуживаемого участка, в которую входят участки пути с индивидуальными эксплуатационными особенностями, км (общее количество стрелочных переводов, шт.).

Второй вариант. Поправочный коэффициент определяется для 1 км пути. При действии на одном километре нескольких эксплуатационных факторов общий поправочный коэффициент для него определяется из выражения

$$K_3 = 1 + \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n , \quad (6)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_n$ – добавки к табличной норме от поправочных коэффициентов.

Численность работников определяется умножением нормы с учетом эксплуатационных условий на развернутую длину соответствующего участка (количество стрелочных переводов):

$$P_i = N_i K_3 L_i . \quad (7)$$

Поправочные коэффициенты на местные условия эксплуатации рассчитываются отдельно для главных, станционных и прочих путей, а также стрелочных переводов.

Численность работников (P), рассчитанная по нормативам численности с учетом условий эксплуатации, определяется следующим образом:

$$P = P_{\text{гл}} \cdot K_3^{\text{гл}} + P_{\text{ст}} \cdot K_3^{\text{ст}} + P_{\text{стр}} \cdot K_3^{\text{стр}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{гл}}$, $P_{\text{ст}}$, $P_{\text{стр}}$ – численности работников, рассчитанные по нормативам численности для главных, станционных и прочих путей и стрелочных переводов, чел.; $K_3^{\text{гл}}$, $K_3^{\text{ст}}$, $K_3^{\text{стр}}$ – поправочные коэффициенты на условия эксплуатации для главных, станционных и прочих путей, а также стрелочных переводов.

Создание программы для расчета численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений, имеет ряд преимуществ:

1 Повышение производительность и эффективность работы. Программа автоматически ведет все расчеты и исключает возможность ошибок, которые возникают при расчетах из-за человеческого фактора.

2 Сокращение времени выполнения работы. Так как в программе имеется вся нужная документация для расчетов, то от исполнителя потребуется ввести только исходные данные, что позволяет уменьшить время работы и приступить к выполнению других задач.

3 Простое управление документацией и данными. Программа позволит сразу вывести результаты подсчета на печать, что также исключает различные ошибки и опечатки. Также при изменении исходных данных будет возможность редактирования предыдущих значений, что позволит ускорить процесс пересчета данных [2].

На основании нормативной части и методики расчета, приведенных в приказе [1], был разработан алгоритм, на основе которого создана программа для автоматизированного расчета численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений.

Интерфейс программы для автоматизированного расчета численности работников представляет собой следующие зоны: зона ввода технической характеристики участка пути, в которой вводятся значения начала и конца данного участка, его грузонапряженности и конструкция железнодорожного пути (тип рельс, шпал, креплений и т. п.); зона ввода конструктивных факторов, в которой вводятся значения мостов, характеристики пути (количество путей, уклоны и кривые); зона ввода эксплуатационных факторов, которые включают в себя различные эксплуатационные факторы (средняя длина плети, сроки шлифовки, наличие сортировочных горок, значение перепущенного тоннажа и т. п.); зона вывода расчетных данных на данном участке железнодорожного пути (рисунок 1).

Расчет производится путем деления железнодорожного пути на участки с одинаковыми техническими характеристиками (грузонапряженность, класс пути, тип верхнего строения пути и т. п.). После выполнения расчета появляется возможность сформировать отчет, импортируемый программой в MS Word для последующей печати (рисунок 2).

Ввод данных

Введите номер участка и оклада к которому принадлежит бригада

Введите номер бригады:

Граница пути, обслуживаемая бригадой

Начало/Конец: км

Грузонапряженность пути, обслуживаемая бригадой G: млн. т км. брутто

Характеристика пути, обслуживаемая бригадой

Скорость поезда: км/ч

Уклон: км/ч

Игра: км/ч

Класс пути: 1 2 3 4 3-4

Тип пути: Звеньевой Безстыковой

Длина рельса: м

Тип рельса: Р50 Р65 Р75

Тип шпала: Железобетонный Деревянный

Тип скрепления: КБ СБ-3 Другой

Тип балласта: Щебеночный Песочный Грунтовый

Протяженность: км

Норма численности работников: чел.

Численность работников: чел.

Обыкновенный коэффициент К_о:

Численность работников с учетом коэффициента P: чел.

Конструктивный фактор

Введите длину моста L_м: м

Введите количество мостов (п): шт.

Введите количество п/дт пт: шт.

Введите уклон участка у: ‰

Введите длину участка с уклонами L_у: км

Введите радиус кривой R: м

Введите длину кривой LR: м

Эксплуатационные факторы

Введите количество поездов со скоростью выше 140 км/ч поезда:

Длина участка со скоростью поезда свыше 140 км/ч L_с: км

Введите длину участка пути, по которому перевозит свой груз L_{с.г.}: км

Введите объем спущенного груза V: млн. т в год

Введите длину участка с интенсивным движением L_{и.д.}: км

Введите количество элев. трассаций по одному пути по:

Введите среднюю длину пути L_п: км

Введите длину участка с глубиной чистой щебеночной балласта L_г: м

Введите длину участка с динамическим стрелочным переводом L_{дп}: м

Введите длину участка со сложными геологическими и гидрологическими условиями L_{г.л.}: м

Введите длину пути по сопредельной горе L_{г.р.}: м

Введите длину пути с продольными наездами L_{п.н.}: м

Введите длину участка при непроизвольной сдвиге промежуточной шпалы L_{ш.2}: м

Введите длину участка при непроизвольной промежуточной шпалы L_{ш.3}: м

Введите пороговый уровень: мин. т км. бр.

Рисунок 1 – Интерфейс программы для автоматизированного расчета численности работников

РАСЧЕТ КОНТИНГЕНТА ЧИСЛЕННОСТИ МОНТЕРОВ ПУТИ

Номер участка	Грузонапряженность, млн. т км брутто	Обслуживаемые километры	Главный путь, км	Стационарный путь		Стрелочные переводы		Поправочные коэффициенты						Численность работников с учетом поправочных коэффициентов			
				км	прив. км	шт.	прив. км	Норматив численности работников	Численность работников	Конструктивные факторы	Эксплуатационные факторы	Факторы стрелочных переводов	Прочие факторы		Обыкновенный коэффициент		
ИТОГО																	

Рисунок 2 – Отчет, сформированный в MS Word

Для рассмотрения работы программы приведен расчет на участке железнодорожного пути после проведения ремонтных работ.

Характеристика участка до ремонта: грузонапряженность 13,5 млн т·км брутто; класс пути – 3; путь – звеньевой, тип рельсов – Р65, тип шпал – железобетонные; тип скрепления – КБ; тип балласта – щебеночный; протяженность участка 9,0 км. Расчетная численность работников, занятых текущим содержанием пути данного участка, – 4,780 чел.

После производства работ по ремонту данного участка железнодорожного пути изменился тип конструкции пути и ряд эксплуатационных факторов, которые повлияют на расчетную численность работников, занятых текущим

содержанием данного участка пути, что создает необходимость производства перерасчета численности.

Расчет численности представляет собой следующий ряд операций:

1 Определение норматива численности в соответствии с таблицей 1 [1], по данным значений грузонапряженности, типа конструкции пути и его класса путем расчета линейной интерполяцией. В нашем случае норматив численности

$$N = 0,363.$$

2 Расчет численности работников на данном участке:

$$P_{\text{пл}} = 0,363 \cdot 9,0 = 3,267.$$

3 Расчет следующих поправочных коэффициентов производится в соответствии с таблицей 5 [1]:

$$k_{1,7} = 1,100 \cdot 0,05 = 0,055;$$

$$k_{1,8} = (0,450 \cdot 0,10) + (0,250 \cdot 0,07) = 0,063;$$

$$k_{1,9} = 9,000 \cdot (-0,10) = -0,900;$$

$$k_{2,5} = 9,000 \cdot (-0,10) = -0,900.$$

Общий поправочный коэффициент определяется как

$$K = 1 + \frac{0,055 + 0,063 - 0,900 - 0,900}{9,000} = 0,813.$$

4 Расчет численности работников с учетом поправочного коэффициента:

$$P = 3,267 \cdot 0,813 = 2,656.$$

Таким образом, при производстве ремонтных работ на участке железнодорожного пути общей протяженностью 9,0 км, расчетный контингент работников, необходимых обслуживания данного пути, сократился на 2 чел. за счет смены конструкции верхнего строения пути и эксплуатационных факторов.

Результат ручного и автоматизированного расчета численности различными участниками представлен в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, среднее время на ручной расчет составляет 22,6 мин, в то время как ввод данных в программу составляет 5,8 мин. Таким образом, расчет численности работников, занятых текущим содержанием пути, выполняемый с применением программы, позволяет ускорить выполнение данного процесса на 74,3 %.

Таблица 1 – Результаты ручного и автоматизированного расчета

Участник	Затраченное время на ручной расчет, мин	Результат ручного расчета, ед.	Затраченное время на ввод исходных данных в программу, мин	Результат автоматизированного расчета, ед.	Погрешность ручного расчета к автоматизированному, %
1	23	2,656	7	2,656	0
2	26	2,700	5,5	2,656	1,7
3	19	2,620	5	2,656	-1,4

Результат расчета в программе представлен на рисунке 3.

РАСЧЁТ КОНТИНГЕНТА ЧИСЛЕННОСТИ МОНТЕРОВ ПУТИ

Номер участка	Грузонапряженность, млн. т км брутто	Обслуживаемые километры	Главный путь, км	Стационарный путь		Стрелочные переводы		ИТОГО приведены длина, прив. км	Поправочные коэффициенты						Численность работников с учетом поправочных коэффициентов	
				км	прив. км	шт.	прив. км		Норматив численности работников	Численность работников	Конструктивные факторы	Эксплуатационные факторы	Факторы региональных переводов	Прочие факторы		Обобщенный коэффициент
1	13,5	283 – 291	9,0	-	-	-	-	9,0	0,363	3,267	0,118	-1,800	-	-	0,813	2,656
ИТОГО																
2,656																

Рисунок 3 – Результат автоматизированного расчета

Также по результатам таблицы 1 можно увидеть погрешность ручных расчетов по сравнению с расчетом в программе, в частности опечатки в расчетах и не точное округление.

Стоит отметить, что данный расчет выполнялся в программе впервые с внесением в базу данных, теперь при необходимости пересчета на данном участке не придется заново вводить все данные, а лишь редактировать изменившиеся, что позволит еще существенно ускорить последующие расчеты.

Помимо вышеперечисленных преимуществ автоматизированной программы можно отметить следующие возможности:

1 Анализ и планирование. Появляется возможность отредактировать введенный участок железнодорожного пути с целью просмотра изменений при усовершенствовании конструкции пути, изменения конструктивных и эксплуатационных факторов (на сколько уменьшится число работников, необходимых для текущего содержания пути, при переустройстве пути с звенью на бесстыковой, изменения типа скрепления и т. п.), что позволяет увидеть конкретное значение изменения контингента работников.

2 Автоматизация смежных инженерных расчетов. Так как при расчете численности работников в базу данных программы вносится техническая

характеристика всех путей, находящихся в пределах обслуживания дистанции пути, то при доработке функционала программы появляется возможность осуществлять следующее: расчеты технологического и аварийно-страхового запасов, автоматизированное составление ведомостей уложенных материалов в пути, отчетов по укладке и смене стрелочных переводов, паспорта дистанции в части путевого хозяйства и т. д. Вышеперечисленные преимущества позволят автоматизировать еще большую долю инженерных расчетов с последующим уменьшением трудоемкости данных процессов, что в свою очередь освободит инженерно-техническим персонал для выполнения прочих задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Приказ БЖД от 28.07.2017 № 235Н «Об утверждении нормативов численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений» и приказ БЖД от 26.06.2020 № 224Н «О внесении изменений в приказ от 28.07.2017 № 235Н» // БЖД. – URL: <https://www.rw.by> (дата обращения: 25.08.2025).

2 Автоматизация расчетов в путевом хозяйстве / В. А. Мусилович, С. А. Биндюк, А. Р. Прокопенко [и др.] // Сб. студенческих научных работ / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. В 2 ч. Ч. 2. – Гомель : БелГУТ, 2023. – Вып. 28. – С. 71–76.

3 Анализ хозяйственной деятельности на железнодорожном транспорте : учеб. / В. Г. Гизатуллина, Д. А. Панков, О. В. Липатова, С. Л. Шатров. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 415 с.

*P. KOVTUN, PhD, Associate Professor
Belarusian State University of Transport*

*V. MUSILOVICH
Belarusian Railway*

OPTIMIZATION OF THE NUMBER OF PERSONNEL IN THE TRACK FACILITIES BASED ON THE IMPROVEMENT OF ENGINEERING CALCULATIONS

This article examines the relevance of automating engineering calculations carried out in the track facilities of the Belarusian Railways. A description of the operation of the created program for the automated calculation of the number of employees is provided and its advantages are analyzed.

Получено 01.09.2025