

УДК 69.059.032

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК – «СО 2.0»

Гарькин И.Н., Агафонкина Н.В., Ерохина С.И., Максяшева А.М.

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,
Пенза, e-mail: igor_garkin@mail.ru*

В статье приводится описание новой программы для расчёта подкрановых конструкций («СО 2.0»), разработанной в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства. Программа (и статья по результатам её разработки) написана совместно со студентами в рамках научно-студенческого сообщества «Строительные конструкции» (организованного на кафедре «Управление качеством и технология строительства» ПГУАС). Основные задачи, решаемые в ходе разработки программы, облегчение методов расчёта подкрановых балок и крановых рельсов для разработки наиболее оптимальных сечений и внедрение программы в учебный процесс (при выполнении курсовых и дипломных проектов по дисциплинам «Металлические конструкции» и «Специальный курс по металлическим конструкциям» по направлению «Строительство»). В настоящее время готовится заявка для регистрации программы для ЭВМ.

Ключевые слова: подкрановая балка, метод расчёта, программа для расчёта, симметричная балка, крановые рельсы, выносливость, нагрузка

EXPERIENCE DEVELOPMENT PROGRAM FOR CALCULATION CRANE GIRDERS – «SO 2.0»

Garkin I.N., Agafonkina N.V., Erokhina S.I., Maksyasheva A.M.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: igor_garkin@mail.ru

The article describes a new program for the calculation of crane constructions («SO 2.0»), developed by the Penza State University of Architecture and Construction. The program (and an article on the results of its development) is written together with the students in the framework of the scientific and student community «Building Structures» (organized at the Department of «Management of the quality and technology of building production» PGUAS). The main problems to be solved during the development program – facilitating the calculation methods of crane girders and crane rails for the development of the most appropriate sections and the implementation of programs in the educational process (in the performance of course and degree projects in the disciplines of «Metal Constructions» and «Special course on metal constructions» on direction «Building»). We are now preparing an application for registration of the computer program.

Keywords: crane runway beam, the calculation method, the program for calculating the, symmetrical beam, crane rails, endurance, load

Долговечность подкрановых конструкций во много раз ниже, чем других элементов каркаса здания, и не превышает 5–10 лет. В цехах с тяжелым режимом работы кранов (8К, 7К) усталостные трещины могут возникнуть через 1–3 года эксплуатации (0,7...0,75 млн циклов). Проблема усложняется еще и тем, что рост экономики ведёт к увеличению выпуска продукции и, как правило, вызывает ужесточение режима работы кранов и повышение их грузоподъемности. В результате этого – снижение долговечности подкрановых конструкций. На Череповецком металлургическом комбинате балки ремонтируют практически каждый год [1]. Отдельно стоит проблема ремонта и замены рельсовых путей и балок, т.к. они требуют полной или частичной остановки производственного процесса. За каждый день простоя предприятие терпит убытки, во много раз превышающие затраты на ремонт и замену подкрановых конструкций. К примеру, остановка мартеновской печи одного цеха Магнитогорского металлургического комбината приводит к убыткам, эк-

вивалентным сумме, которой хватит на замену подкрановых путей во всех цехах.

В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства (ПГУАС) ведётся научная работа по предотвращению аварийных ситуаций в зданиях, эксплуатирующих мостовые краны с тяжелым режимом работы [2...7]. В ходе научных исследований (по увеличению долговечности и выносливости подкрановых балок) было установлено, что ряд методов расчётов при проектировании подкрановых рельсов устарели [4]. Более современные методы расчёта были предложены профессором каф. «Строительные конструкции» ПГУАС – К.К. Неждановым [8].

Однако по сегодняшний день (по мнению авторов) мало внимания уделяется разработке учебных и расчётных программ для расчёта подкрановых балок и крановых рельсов (например, по таким критериям, как $\pm\tau_a$ – амплитуды колебаний локальных сдвигающих напряжений, τ_{2max}^{loc} – колебания локальных сдвигающих напряжений и ряду других). В рамках научно-студенческого

сообщества «Строительные конструкции» (организованного на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» ПГУАС) ведётся разработка специальных расчётных программ (учебного и прикладного значения).

Рассмотрим расчётную программу для расчёта подкрановых балок и крановых рельсов «СО 2.0» (версия программы «СО 1.0» предназначалась лишь для расчёта крановых рельсов). Программа разработана на языке программирования Visual Basic 6.0 и проста в работе. Основные задачи, решаемые в ходе разработки программы, – облегчение методов расчёта подкрановых балок и крановых рельсов для разработки наиболее оптимальных сечений

и внедрение программы в учебный процесс (при выполнении курсовых и дипломных проектов по дисциплинам «Металлические конструкции» и «Специальный курс по металлическим конструкциям»).

Приведём пример расчёта. При включении программы выбираем единицы измерения (гектоныютоны либо килоныютоны), в которых будут выполняться расчёты (рис. 1).

Выбираем (в качестве примера) – кН и переходим к шагу 2 (рис. 2). В появившемся окне необходимо выбрать тип конструкции балки. В настоящей версии программы для расчёта доступны два типа балок: «Сварная симметричная балка» и «Балка из равнополочных уголков». В первом случае выбираем – «Балка из равнополочных уголков».

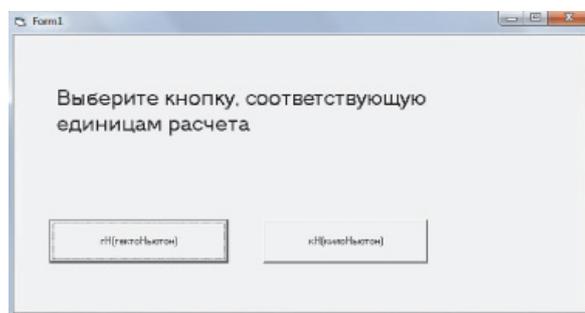


Рис. 1. Шаг 1

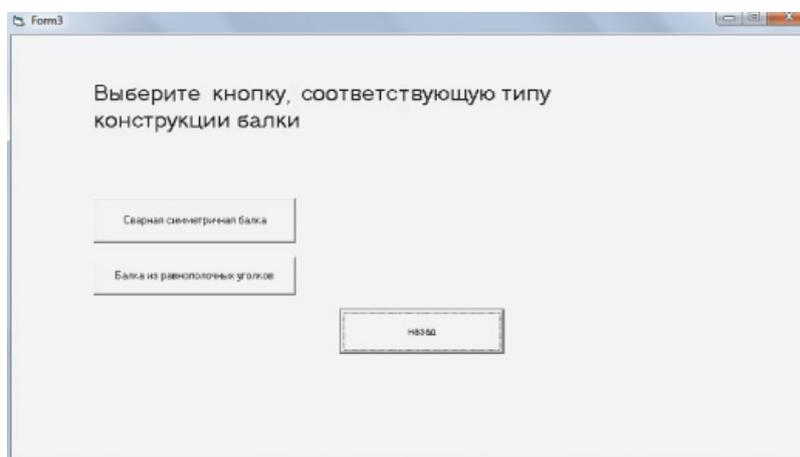


Рис. 2. Шаг 2

В появившемся окне (рис. 3) нужно ввести необходимые характеристики подкрановой балки для получения результата:

Необходимые характеристики	Полученные результаты
M_{\max} – максимальный изгибающий момент	W_x – требуемый момент сопротивления сечения балки
R_y – расчётное сопротивление металла	I_{\min} – минимальный момент инерции сечения балки
M_H – нормативное значение изгибающего момента в вертикальной плоскости	h – высота сечения балки
L – длина подкрановой балки	$A_{\text{пл}}$ – минимальная площадь сечения стенки
Q – максимальная поперечная сила	$t_{\text{ст}}$ – толщина стенки
	S_a – требуемая суммарная площадь сечения балки
	$h_{\text{опт}}$ – оптимальная высота стенки балки

Рис. 3. Шаг 3

Рис. 4. Шаг 4

После введения значений нажимаем кнопку «Расчёт» и по полученным значениям подбираем из сортамента необходимый уголкового профиль (рис. 4).

В случае необходимости расчёта «Сварной симметричной балки» (нажав соответствующую кнопку) мы имеем Окно для расчёта «Сварной симметричной балки» (рис. 5).

Нажав кнопку «Далее», мы переходим непосредственно к расчёту крановых рельсов (рис. 6), независимо от того, рассчитывалась ли до этого сварная симметричная

балка или же балка из уголкового профиля. Для расчёта требуется ввести лишь следующие параметры крановых рельсов: I_x – момент инерции, $I_{кр}$ – момент инерции при кручении, P_n – нормативная нагрузка, режим работы крана (от 4К до 8К), режимы и виды кранов приведены в табл. 1 (согласно ГОСТ-25546-82); захват груза (при режиме работы кранов от 4К до 7К гибкий сцеп, у 8К гибкий, жесткий и клещами; вид захватки вводится русскими буквами в соответствующем поле).

Таблица 2

L_{ef}	Эффективная длина волны локальных напряжений
$M_{кр}$	Циклические крутящие моменты
δ_y^{loc}	Циклы экстремумов сжимающих напряжений
$\delta_{укр}$	Циклы колебаний напряжений от крутящих моментов
$\sum \delta_y^{loc}$	Экстремумы отнулевых циклов колебаний сжимающих напряжений
$\sum \tau_{xy}^{loc}$	Амплитуды колебаний симметричных циклов сдвигающих напряжений
τ_{2max}	Экстремумы отнулевых циклов колебаний сдвигающих напряжений
τ_a	Амплитуда отнулевых циклов колебаний сдвигающих напряжений
τ_{xy}	Сдвигающие напряжения в зоне шва

Таблица 3

Толстостенные двутавровые рельсы,
эквивалентные стандартным фигурным рельсам по ГОСТ 4121-96

Тип рельса	Площ. сеч. A , см ²	Толщ. t , см	h , см	b , см	J_p , см ⁴	$J_{кр}$, см ⁴	Завышение
КР 140	195,83	5	21,1064	13,9446	9910,62	894,6	2,38
КР 120	150,44	4,4	19,3585	12,2932	6618,62	538,8	2,45
КР 100	113,32	3,8	16,963	10,5289	3805,71	300	2,55
КР 80	81,13	3,2	14,6535	8,7657	2029,79	151	2,56
КР 70	67,3	2,8	13,3119	8,2288	1408,25	89,7	2,82

Таблица 4

Прямоугольные рельсы, равноценные
по площади сечения толстостенным двутавровым рельсам

Тип рельса	Площ. сеч. A , см ²	J_p , см ⁴	h , см	b , см	K	$J_{кр}$, см ⁴
КР 140	195,83	9910,63	23,174	8,437	2,73	2445,3
КР 120	150,44	6618,62	21,929	6,86	3,15	1699,08
КР 100	113,32	3805,71	19,187	5,905	3,11	933,3
КР 80	81,13	2029,79	16,626	4,88	2,91	439,3
КР 70	67,3	1408,25	15,226	4,42	2,91	296,3



Рис. 6. Шаг 5

В настоящее время ведётся работа над усовершенствованием программы, а именно:

– возможность рассчитывать другие типы подкрановых балок (несимметричные балки, тавровые балки и т.д.);

– интерфейс программы предполагается доработать на более информативный, с добавлением возможности формирования отчёта в текстовый документ Word Office и графического изображения рассчитываемой подкрановой балки.

Тем не менее уже существующая версия программы применяется в учебном процессе при расчёте подкрановых балок в курсовых проектах и дипломных работах студентов, обучающихся по направлению «Строительство». Положительным моментом является тот факт, что в разработке программ участвуют студенты, зачастую сами проявляя инициативу по разработке той или иной темы.

Помимо программы «СО 2.0» ведутся работы по созданию следующих программ:

– обучающей программы по построению линий влияний;

– программы по построению линий регрессий, основанной на обработке экспериментальных данных (полученных при испытаниях подкрановых конструкций в лаборатории «Выносливость подкрановых балок» ПГУАС [8]) динамических воздействий на металлические подкрановые балки.

Список литературы

1. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали // Строительная механика и расчёт сооружений. – М.: ЦНИСК им. Курчереико, 2011. – №. 4. – С. 51–55.
2. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Восстановление работоспособности сварных подкрановых балок // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18379> (дата обращения: 08.04.2015).
3. Нежданов К.К., Железняков Л.А., Гарькин И.Н. Эффективный способ проката уголкового профиля // Строительная механика и расчёт сооружений. – М.: ЦНИСК им. Курчереико, 2011. – №. 1. – С. 71–75.
4. Нежданов К.К., Лаштанкин А.С., Гарькин И.Н. Сборные подкрановые балки из прокатных профилей // Стро-

ительная механика и расчёт сооружений. – М.: ЦНИСК им. Курчереико, 2013. – №. 3. – С. 69–75.

5. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Применение толстостенных двутавровых крановых рельсов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №. 3. – С. 79–84.

6. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н., Курткеезов Д.Х. Быстро сооружаемая подкрановая балка с высоким техническим ресурсом эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №. 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13115> (дата обращения: 16.05.2014).

7. Нежданов К.Н., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Предотвращение усталостных трещин в узле соединения рельса с подкрановой балкой // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18215> (дата обращения: 01.04.2015).

8. Нежданов К.К. Совершенствование подкрановых конструкций и методов их расчёта: моногр. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 288 с. (Лауреат конкурса на медали и дипломы РААСН строительных наук 2011 г. 16.02.2012 г.).

References

1. Nezhdanov K.K., Garkin I.N. Sposob prokata dvutavrovogo profilja sechenija iz nizkolegированной стали // Stroitel'naja mehanika i raschjot sooruzhenij. M.: CNISK im. Kurchereiko, 2011. no. 4. pp. 51–55.
2. Nezhdanov K.K., Garkin I.N. Vosstanovlenie rabotosposobnosti svarnyh podkranovyh balok // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. no. 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18379> (data obrashhenija: 08.04.2015).
3. Nezhdanov K.K., Zheleznyakov L.A., Garkin I.N. Jеffektivnyj sposob prokata ugolkovogo profilja // Stroitel'naja mehanika i raschjot sooruzhenij. M.: CNISK im. Kurchereiko, 2011. no. 1. pp. 71–75.
4. Nezhdanov K.K., Lashtankin A.S., Garkin I.N. Sbornye podkranovye balki iz prokatnyh profilej // Stroitel'naja mehanika i raschjot sooruzhenij. M.: CNISK im. Kurchereiko, 2013. no. 3. pp. 69–75.
5. Nezhdanov K.K., Kuzmishkin A.A., Garkin I.N. Prime-nenie tolstostennyh dvutavrovyyh kranovyh relsov // Regional'naja arhitektura i stroitelstvo. 2012. no. 3. pp. 79–84.
6. Nezhdanov K.K., Kuzmishkin A.A., Garkin I.N., Kurtke-zov D.H. Bystro sooruzhaemaja podkranovaja balka s vysokim tehničeskim resursom jekspluatcii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13115> (data obrashhenija: 16.05.2014).
7. Nezhdanov K.N., Kuzmishkin A.A., Garkin I.N. Predotvrashhenie ustalostnyh treshhin v uzle soedinenija relsa s podkranovoj balkoj // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. no. 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18215> (data obrashhenija: 01.04.2015).
8. Nezhdanov K.K. Sovershenstvovanie podkranovyh konstrukcij i metodov ih raschjota: monogr. Penza: PGUAS, 2008. 288 p. (Laureat konkursa na medali i diplomy RAASN stroitel'nyh nauk 2011 g. 16.02.2012 g.).