

УДК 631.365.22

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАШНИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Н.А. РОМАНЕЕВ,
Д.А. БЕЗИК,
В.А. БЕЗИК,**

кандидаты технических наук,
доценты
ФГБОУ ВО «Брянский
государственный аграрный
университет»
E-mail: romaneev_nikolai@mail.ru

Определены оптимальные параметры металлоконструкции (МК) башни для очистки и погрузки зерна. Расчеты выполнены для двух вариантов исполнения эстакады из металлопроката с применением автоматизированного проектирования. Предложен экономически целесообразный вариант.

Ключевые слова: оптимизация; металлоконструкция; автоматизированное проектирование; башня; устойчивость; нагрузка; напряжение; прочность; стойка.

Перед агропромышленным комплексом России стоят задачи по совершенствованию управления производством зерна, применению технологического оборудования нового типа для его послеуборочной обработки. Многолетняя эксплуатация многих металлоконструкций показывает, что они имеют необоснованно завышенный запас прочности. Простые конструкции не вызывают трудностей при их расчетах, в то время как для сложных желательно применять современные средства проектирования, в первую очередь – программные продукты для автоматизированных расчетов.

Эффективное функционирование технологических линий послеуборочной доработки и хранения зерна обеспечивается высоким качеством работы всей цепочки ма-

шин по очистке, сушке, сортировке, складированию в оперативных и накопительных бункерах, а также закладке на хранение [1, 2, 3]. Причем при перемещении огромных масс зерна и передаче его с одной операции на другую используют различные транспортеры и элеваторы.

Проведение подробных, всесторонних расчетов, тщательного анализа конструкций еще на этапе их проектирования позволяют поднять уровень надежности изделий, а это, в свою очередь, главнейший показатель качества. Проектные организации уделяют большое внимание своему положению на рынке. Принимаются некоторые усилия для внедрения современных методов расчета на прочность и устойчивость опорных конструкций [4, 5].

При прочностных расчетах МК широко применяется метод конечных элементов, сводящий расчет упругодеформированного тела к созданию и исследованию математической модели конструкции.

Расчет изделия начинается с составления расчетной схемы и математической модели, опреде-

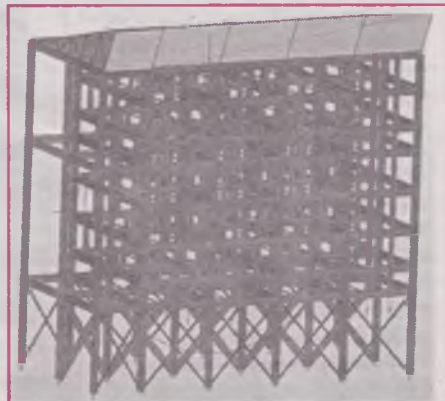


Рис. 2. Схема металлоконструкции очистительной башни

ления действующих нагрузок. Рабочие нагрузки определяются производительностью проектируемой машины, скоростными и температурными режимами, внешние – воздействием окружающей среды в виде ветра, снега, оледенения и др.

На **рис. 1** показана расчетная модель очистительной башни. Масса фермы эстакады 1906 кг. Она изготовлена из равнополочного уголка 75×5 мм, что составляет около 40 % от общей массы конструкции. Максимальное напряжение ее в 7 раз меньше допускаемого. Поэтому есть возможность уменьшить размер сечения уголка, что приведет к снижению общей массы, или использовать другой профиль стоек, например, прямоугольную трубу.

В начале составляется расчетная схема МК, рассчитываются силы, действующие на конструкцию от транспортеров, и ветровые нагрузки. Также необходимо определить статические нагрузки от расположенного на эстакаде оборудования и динамические нагрузки, возникающие при загрузке и работе

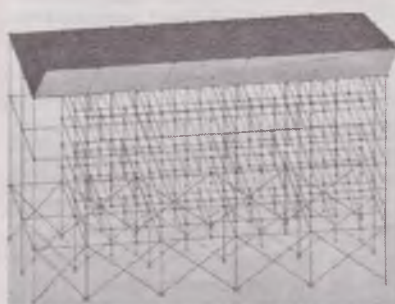


Рис. 1. Расчетная стержневая модель башни и приложенные нагрузки: верхнего этажа – 9 т (3 бункера по 3 т), первого – 15 т (3 бункера по 5 т), ветровая нагрузка 2400Н

транспортёров. Необходимо учесть, что во избежание завалов груза при работе линии каждый последующий транспортёр должен иметь более высокую производительность. В нашем случае нагрузку воспринимают 8 опор, т.е. на одну опору действует статическая сила F . Следующее распределение статических и динамических нагрузок на эстакаду используется при расчете металлоконструкции: первые опоры по 3 кН, на них расположен привод транспортёров, вторые по 2 кН, остальные по 1,5 кН.

Стойки эстакады выполнены из колонного двутавра 23К2, остальные элементы – из проката: уголки, швеллеры (рис. 2).

Для оптимизации МК в качестве критерия оптимальности выбрана металлоемкость, а в качестве ограничений – сохранение значения коэффициента устойчивости и максимального напряжения.

Под достижением равнопрочности конструкции принимается вариант, когда разность между напряжением максимально и минимально нагруженного элемента не превышает некоторого небольшого, наперед заданного значения. При этом исключаются элементы, дальнейшее нагружение которых невозможно из-за ухудшения коэффициента устойчивости или каких-либо специальных конструктивных ограничений. Наиболее приемлемое решение – совместное использование программных продуктов для автоматизированного

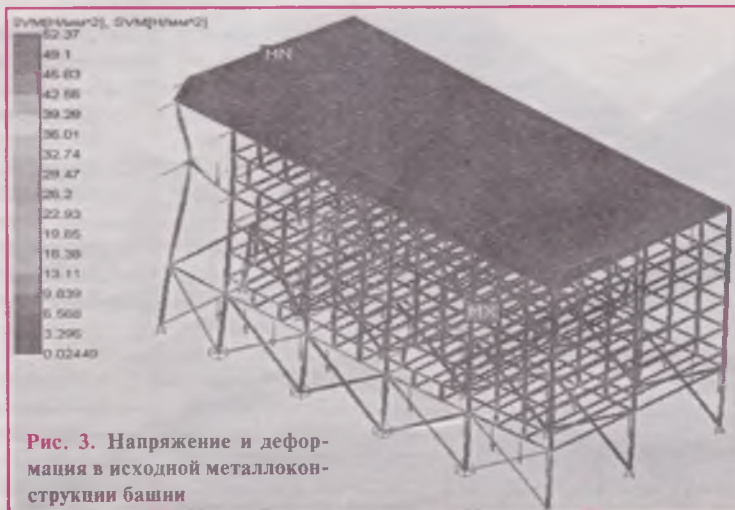


Рис. 3. Напряжение и деформация в исходной металлоконструкции башни

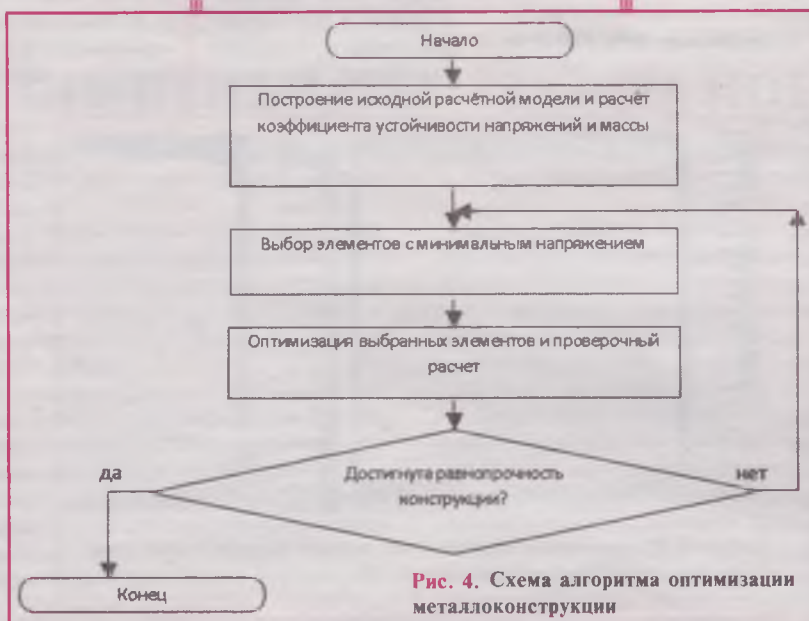


Рис. 4. Схема алгоритма оптимизации металлоконструкции

проектирования машин, например WinMachine, и пакетов математических программ, например MATLAB, которые позволяют найти эффективный алгоритм оптимизации МК [6]. Опыт эксплуатации различных МК показывает, что они зачастую имеют завышенный запас прочности и большие перспективы по их оптимизации.

Расчеты выполняли с помощью отечественного пакета программ APM WinMachine. Из него использовали APM WinStructure, предназначенную для расчета методом конечных элементов объемных стержневых и пластинчатых конструкций [6]. Расчетная стержневая

модель и схема МК очистительной башни показаны на рис. 1 и 2.

Расчеты показали, что действующие напряжения в элементах МК имеют избыточный запас прочности (рис. 3). Мы использовали алгоритм оптимизации, показанный на рис. 4.

Самый важный блок в алгоритме – «Оптимизация выбранных элементов». Очевидным путем нам кажется небольшое изменение всех параметров выбранного элемента. Для этого составляют план эксперимента (программный расчет), оптимально проведение полнофакторного эксперимента. В результате получают значения оптимизируемых параметров (масса, максимальное напряжение, коэффициент устойчивости и др.). По ним с помощью математических

пакетов составляются аналитические функциональные зависимости параметров от варьируемых параметров металлопроката для выбранных элементов. Затем по полученным формулам выбирают оптимальные параметры, соответствующие стандартному металлопрокату. Для составления аппроксимирующих формул мы применяли MATLAB [8]. В качестве варьируемых параметров использовали толщину стенки и размер сечения (для квадрата); ширину полки и толщину стенки (для уголка). Заметим, что в данном алгоритме оптимизации не затрагивается форма МК.

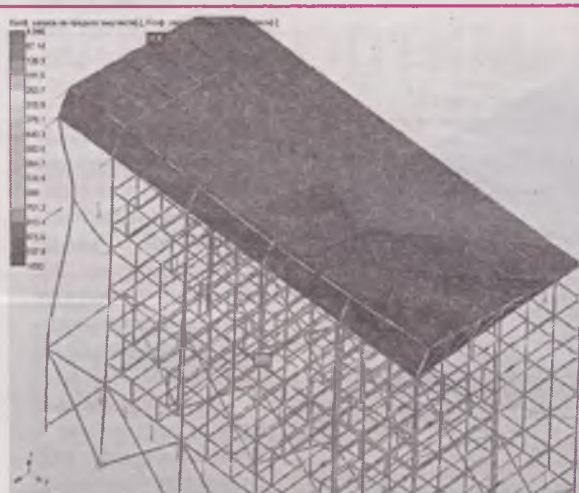


Рис. 5. Стойки конструкции заменены с колонного двутавра 23К2 ГОСТ 26020-83 на квадратную трубу 180×6 мм ГОСТ 30245-2003

В результате расчетов удалось изменить сечения элементов МК башни и существенно улучшить результат – уменьшить массу, увеличить коэффициент устойчивости и уменьшить максимальные напряжения.

Некоторые результаты промежуточных расчетов приведены на **рис. 5 и 6**. Деформация МК и перемещение башни итоговой конструкции показаны на **рис. 7**.

Выводы

Предложенный метод оптимизации, использующий автоматизированные расчеты с применением метода конечных элементов и математические пакеты, позволяет эффективно оптимизировать различные МК по заданным параметрам.

Этот метод был применен к МК очистительной башни. В результате было

предложено заменить базовый металлопрокат стоек башни (двутавр № 27) на двутавр колонный 23К или квадратную трубу 180×6 мм [9]. При этом максимальные напряжения конструкции удалось снизить на 10 % (**рис. 3 и 4**); коэффициент запаса устойчивости незначительно возрос с 8,5 до 8,6; коэффициенты запаса текучести и усталости достаточно высокие – 18,9 и 17,6 соответственно в оптимизированном и исходном вариантах. Эти пока-

затели гарантируют высокую надежность конструкции; максимальная амплитуда вынужденных колебаний оптимизированной башни составила 15,7 мм (**рис. 7**); масса конструкции стоек из колонного двутавра тяжелее почти на 60 %, чем из квадратной трубы, что говорит об экономической целесообразности применения стоек из трубы.

Литература

1. Белоус, Н.М. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской ГСХА. 2010. – № 2. – С. 4–16.
2. Ториков, В.Е. Хлеб из зерна Черноземья / В.Е. Ториков // Зерновые культуры. – 1991. – № 4. – С. 21.
3. Шаповалов, В.Ф. Продуктивность и качество одновидовых и смешанных посевов кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения / В.Ф. Шаповалов, Н.М. Белоус, И.Н. Белоус, Ю.И. Иванов // Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 29–31.
4. Козарез, И.В. Повышение твердости компенсирующих элементов при восстановлении деталей / И.В. Козарез, А.А. Новиков, М.А. Михальченкова // Сельский механизатор. – 2017. – № 3. – С. 34–35.
5. Петракова, Н.В. Расчет вышки сотовой связи / Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей Межд. науч.-практ. конф. – Петрозаводск, 2019. – С. 92–97.
6. Варывдин, В.В. Использование компьютерных программ в процессе проектирования техники для сельского хозяйства / В.В. Варывдин, Н.А. Романев, Д.А. Безик // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ Межд. науч.-практ.

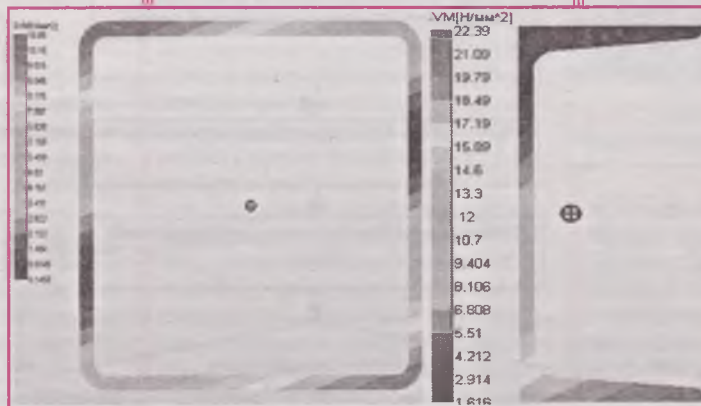


Рис. 6. Напряжение в сечении стоек и поясе обвязки башни (квадратная труба 180×6 мм, швеллер № 16)

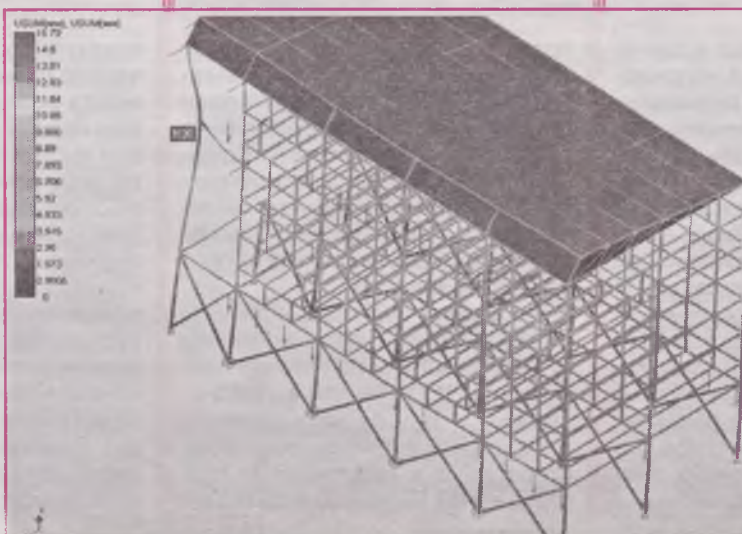


Рис. 7. Деформация металлоконструкции и перемещение башни после оптимизации

конф Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. – С. 46–50.

7. Варывдин, В.В. Автоматизированное проектирование машин в процессе совершенствования техники для сельского хозяйства / В.В. Варывдин, Н.А. Романев, Д.А. Безик, М.М. Васильченко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ XXVIII Межд. науч.- практ. конф. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. – С. 110–116.

8. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.0/6.1: специальный справочник / В.П. Дьяконов, И.В. Абраменкова. – СПб.: «Питер», 2002. – 608 с.

9. Бельченко, С.А. Развитие АПК Брянской области. / С.А. Бельченко, И.Н. Белоус, М.П. Наумова // Вестник Брянской



Рис. 8. Напряжение и деформация башни после оптимизации металлоконструкции

государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2–2. – С. 32–36

The optimal parameters of the metal construction of the tower for cleaning and loading of grain are determined. The calculations were performed for two versions of the rolled steel overpass with the use of computer-aided design. An economically viable option is proposed.

Keywords: optimization; metal construction; computer-aided design; tower; stability; load; stress; strength; rack.

СЕГОДНЯ СТИПЕНДИАТЫ – ЗАВТРА ПОБЕДИТЕЛИ

Ушел в историю прошлый, 2019 год. Для студентов Брянского государственного аграрного университета он был плодотворным. Об этом свидетельствуют даже последние события прошлого года. О двух из них сообщается в предлагаемых информациях.

ИТОГИ КОНКУРСА НА ЛУЧШУЮ СТУДЕНЧЕСКУЮ РАБОТУ

В декабре 2019 года были подведены итоги открытого конкурса на лучшую научную работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам «Современные научные достижения. Брянск-2019», организатором которого являлся Департамент образования и науки Брянской области.

По результатам работы экспертов призовые места распределились следующим образом. В номинации: «Медицина. Ветеринария. Экология. Биология» **Павел ДОНСКИХ** по теме научных исследований «Морфология и химический состав бедренной кости и мышц цыплят-бройлеров в постинкубационный период и при введении в рацион биологически активных добавок» удостоен третьего места, руководитель кандидат биологических наук, доцент Виктор Николаевич Минченко. В номинации «Сельское хозяйство. Лесное хозяйство. География и геология» **Сергей ТИЩЕНКО** по теме научных исследований «Дисковое орудие для ягодников» удостоен первого места, руководитель кандидат технических наук, доцент Виктор Васильевич Никитин; **Елизавета ГЕРАСИМОВА** по теме научных исследований «Влияние применения различных доз азотосодержащих удобрений на состав обменных катионов серой лесной почвы» удостоена второго места, руководитель кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Геннадий Владимирович Чекин; **Дарина ЛАБУЗ** по теме научных исследований «Миграция Cs-137 по территории юго-западных районов Брянской области» удостоена третьего места, руководитель кандидат технических наук доцент Елена Валентиновна Байдакова. Студентам вручены ценные подарки и дипломы.

БАНК И ВУЗ – ПАРТНЕРЫ

У Брянского государственного аграрного университета и регионального филиала АО «Россельхозбанк» сложились добрые, партнерские отношения, которые получают дальнейшее развитие.

Брянский филиал этого банка участвует в реализации национальных проектов, направленных на развитие агропромышленного комплекса России, выдавая льготные кредиты сельскохозяйственным предприятиям и хозяйствам всех форм собственности, которые занимаются производством и переработкой продукции растениеводства и животноводства.

Есть еще одно немаловажное направление деятельности АО «Россельхозбанк». Это содействие вузам для поддержки лучших студентов. Например, Брянский филиал банка развивает свою стипендиальную программу, направленную на поддержку лучших студентов, отличников учебы, победителей Всероссийских и региональных конкурсов и олимпиад. Речь идет о партнерстве с Брянским государственным аграрным университетом.

В минувшем году, как и несколько лет назад, банк продолжил доброе начинание. Пять лучших студентов Брянского ГАУ, пройдя тщательный претендентский отбор, стали именными стипендиатами. Это студент 5 курса института ветеринарной медицины и биотехнологии Павел Донских, студентка 4 курса этого же института Виктория Супрун, студентка 3 курса института энергетики и природопользования Валерия Солопеева, студентка 4 курса института экономики и агробизнеса Маргарита Лебедева и студент 3 курса инженерно-технологического института Сергей Тищенко. Каждый из них будет ежемесячно в течение учебного года получать именную стипендию в размере 10 тысяч рублей. Причем представители регионального филиала АО «Россельхозбанк» будут следить за тем, как идут дела у их подопечных.

В главном офисе представительства в торжественной обстановке директор Брянского филиала «Россельхозбанка» Андрей Седов вручил именны свидетельства стипендиатов и пожелал юношам и девушкам, будущим специалистам, успешного завершения обучения.

Проректор по учебной работе вуза Галина Малявко отметила, что развитие партнерских отношений способствует укреплению сотрудничества между университетом и банком.