

К механизмам обеспечения устойчивости относятся:

– меры по реализации принципов адаптации к действующим возмущениям;

– внешний защитный механизм упорядочивания взаимодействия системы и среды. На основе информации о состоянии внешней среды определяется корректирующее воздействие;

– внутренний защитный механизм предназначен для компенсации последствий возмущений, которые преодолели внешнюю защиту (т.е. стали внутренними угрозами) и для борьбы со структурными и параметрическими возмущениями. Для осуществления этого механизма используется принцип отрицательной обратной связи, сглаживающей и компенсирующей эффект возмущения путем проведения ряда целенаправленных мер. Необходима информация о сохранении структуры как таковой и о нахождении параметров структуры в допустимых пределах для соответствующей коррекции системы.

Исследуя устойчивость железнодорожного транспорта, системы кадрового обеспечения отрасли и системы подготовки кадров сформулированы основные принципы динамики их взаимодействия.

Механизм обеспечения устойчивости работы отраслевой системы подготовки специалистов заключается в качественном выполнении вузами системообразующих функций.

Разработана математическая модель анализа качества подготовки специалистов с учетом специфических требований транспортного производства. Введено понятие «устойчивость функционирования вуза». Доказана справедливость применения принципов оценки устойчивости активных систем для анализа организации образовательного производства. Модель управления подготовкой специалистов использована при определении эффективных направлений расходования средств для обеспечения устойчивости и качества функционирования системы в современных социально-экономических условиях реформирования железнодорожной отрасли и системы образования.

С целью исключения потери качества профессионализации специалистов и обеспечения устойчивости функционирования, на основании выполненного системного анализа процессов управления активной сложной системой разработан алгоритм для автоматизации выбора рационального варианта распределения ресурсов образовательного производства с учетом текущего состояния системы и реального поступления бюджетных и внебюджетных средств. Это позволяет повысить эффективность использования вложенных средств для выполнения заказа отрасли на количество и качество специалистов.

Анализируя эффективность работы ЖДТ как сложной системы, следует иметь в виду, прежде всего, безопасность его функционирования.

При этом примем гипотезу о том, что среди динамических условий, определяющих безопасность функционирования таких, как управляемость, наблюдаемость и обеспечение устойчивости, последнее имеет наибольшее значение. Это следует из того, что требования по управляемости и наблюдаемости удовлетворяются на стадии проектирования и подготовки системы к работе. Таким образом, основное внимание при определении безопасных режимов работы системы уделяется устойчивости функционирования, а границы области безопасности и показатель запаса безопасности будут описываться нарушением условий устойчивости при превышении уровня допустимых внешних и параметрических воздействий.

### ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ ПОД ВЫСАДКУ БОЛТОВ

Пачурин В.Г., Филиппов А.А., Пачурин Г.В.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

В работе исследовались три технологических варианта изготовления болтов из калиброванного проката сталей марок 35Х (диаметр 13,0 мм), 38ХА (диаметр 11,0 мм) и 40Х (диаметр 11,0 и 13,0 мм) для холодной высадки болтов. Весь прокат подвергался очистке от окислы химическим травлением в концентрированном растворе серной кислоты. Подготовка производилась из горячекатаного проката по трем вариантам:

**Вариант 1.** (данная технология используется на заводах). Отжиг горячекатаного проката (камерная газовая печь с выдвижным подом) → калибрование со степенью обжатия 20...26,5% → высадка болтов → термообработка готовых изделий (закалка + отпуск). Температура закалки болтов соответствовала температуре 860 °С, температура отпуска – 540 °С. Закалочная среда – индустриальное масло ИС-20. Однако в результате закалки метизных изделий могут подвергаться нежелательным деформациям и трещинам, что снижает качество изготавливаемых изделий и повышает их отбраковку. Кроме того, термическая обработка готовых метизов в виде закалки и отпуска составляет по затратам более 8% от их себестоимости.

С целью исключения вышеназванных негативных явлений предложены еще два варианта изготовления калиброванного проката для изготовления крепежных изделий методом холодной высадки, которые исключают последующую их закалку.

**Вариант 2.** Отжиг горячекатаного проката (камерная газовая печь с выдвижным подом) → предварительное калибрование со степенью обжатия 15...22% → термообработка

калиброванного проката → окончательное калибрование со степенью обжатия 5% → высадка болтов. Для обеспечения возможности достижения высоких степеней деформации при последних переходах калибрования сталь подвергают «патентированию», заключающую в нагреве её до аустенитного состояния и охлаждению в расплавленной соли (этот способ длительное время охранялся патентом, отсюда часто применяемый термин «патентирование»). Данная технология изготовления калиброванного проката под холодную высадку исключает закалку готовых крепежных изделий под класс прочности 10.9.

**Вариант 3.** Термообработка горячекатаного проката → калибрование со степенью обжатия 20-26,5% → высадка болтов. Данная технология изготовления калиброванного проката под холодную высадку также исключает закалку готовых крепежных изделий под класс прочности 10.9. Микроструктура в горячекатаном состоянии – перлит сорбитообразный и тонкопластинчатый + феррит в виде разорванной сетки по границам перлитных зерен. Твердость 90...96 HRB.

**Выводы.** Пластические показатели исследованного калиброванного проката, подготовленного по технологическим схемам 1, 2 и 3, отвечают требованиям ГОСТ 10702-78. Однако метизные изделия, полученные из проката по режиму 1 должны быть подвержены закалке и отпуску, чтобы соответствовать классу прочности 10.9 согласно ГОСТ 1759.4-87. На основании экспериментальных данных по оптимизации технологических режимов обработки, с целью формирования структуры исследованных хромистых сталей, снижены энергоёмкость технологического процесса и себестоимость получения высокопрочного крепежа методом холодной высадки.

#### ГИДРОМОДЕЛЬ КОРПУСА ГЕНЕРАТОРА ВЭУ

Снопов А.И., Сумбатян М.А.

Южный федеральный университет,  
Ростов-на-Дону, e-mail: asnop@math.rsu.ru

Корпус генератора ветроэнергетической установки (ВЭУ) имеет вид удлиненного тела вращения с уменьшающейся вниз по потоку величиной радиуса. Подвижная часть этого тела жестко скреплена с лопастями и является обтекателем, форма которого близка к сферической. «Неподвижная» часть снабжена флюгером, обеспечивающим осевое обтекание ВЭУ

$$\Psi_3 = \frac{q}{4\pi(c-b)} \left( \sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (8)$$

Формула (4) для функции тока в рассматриваемом случае преобразуется к виду

$$\Psi = -\frac{1}{2}V_\infty r^2 + \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2 + (x-a)^2}} + \frac{q}{4\pi(c-b)} \left( \sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (9)$$

при любом направлении ветра. С точки зрения гидродинамики такое тело вращения можно моделировать системой, состоящей из источника и непрерывно распределенных линейных стоков, расположенных вдоль заданного однородного безграничного потока воздуха, имеющего на бесконечности скорость  $V_\infty$ . Удобно использовать цилиндрическую систему координат, ось  $Ox$  которой направлена по оси симметрии корпуса, и на ней расположить указанные особые точки потока. Необходимо при этом подобрать параметры так, чтобы нулевая поверхность тока, суммарного потока совпала с заданной формой корпуса генератора или была близка к нему.

Учитываем, что функция тока однородного потока жидкости определяется по формуле [1]

$$\Psi_1 = -\frac{1}{2}V_\infty r^2, \quad (1)$$

а функция тока источника обильности  $q$ , помещенного в точке  $x = a$  оси  $Ox$ , имеет вид

$$\Psi_2 = \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2 + (x-a)^2}}. \quad (2)$$

Для линейного источника, расположенного на отрезке  $(bc)$  оси  $Ox$ , справедлива формула

$$\Psi_3 = \int_b^c \frac{q_3(\xi)}{4\pi} \frac{(x-\xi)}{\sqrt{r^2 + (x-\xi)^2}} d\xi, \quad (3)$$

где  $q_3(\xi)$  – плотность распределения истоков. Функция тока всего потока такова

$$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 + \Psi_3 + C. \quad (4)$$

Определим постоянную таким образом, чтобы лучи оси  $Ox$   $|x| \gg 0$  соответствовали нулевой линии тока. Для этого должны выполняться равенства

$$\frac{q}{4\pi} + \int_b^c \frac{q_3(\xi)}{4\pi} d\xi \pm C = 0. \quad (5)$$

Из этих равенств следует, что должны выполняться условия

$$C = 0, \quad \int_b^c q_3(\xi) d\xi = -q, \quad (6)$$

Ограничимся случаем, когда

$$q_3(\xi) = \text{const}.$$

Зачение величины  $q_3$  находится из условия (6), что дает

$$q_3 = -\frac{q}{c-b}. \quad (7)$$

При этом функция  $\Psi_3$  принимает вид

$$\Psi_3 = \frac{q}{4\pi(c-b)} \left( \sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (8)$$

Формула (4) для функции тока в рассматриваемом случае преобразуется к виду

$$\Psi = -\frac{1}{2}V_\infty r^2 + \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2 + (x-a)^2}} + \frac{q}{4\pi(c-b)} \left( \sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (9)$$