

методов интеллектуального анализа данных. Для исследования объектов транспортной инфраструктуры рассмотрен метод Fault Detection and Identification (FDI) и показаны способы его применения относительно поставленной задачи. Произведен сравнительный анализ метода FDI с методом наименьших квадратов. Для реализации алгоритмов диагностики состояния транспортной инфраструктуры выбрана нейронная самоорганизующаяся сеть Кохонена. Доказана эффективность использования нейронной сети Кохонена по сравнению с методом наименьших квадратов за счет автоматического разбиения диагностического пространства признаков состояния объектов транспортной инфраструктуры на класс. Доказана возможность решения задачи различными архитектурами нейронных сетей.

## DIAGNOSIS OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE USING NEURAL NETWORKS

**Sidorov A.V., Mikheev S.V., Osmushin A.A.**

1 Samara State Aerospace University, Samara, Russia (Moscow Highway 34, Samara, Russia, 443086),  
e-mail: mikheevati@spc-its.ru

Consider of neural networks for solving the tasks of monitoring, control and diagnostics of transport infrastructure. The main problems of studying the state of transport infrastructure and the necessity of intellectualization of information processing involving data mining techniques. To investigate the transport infrastructure presents a method of Fault Detection and Identification (FDI), and shows how its application regarding the problem. A comparative analysis of FDI method with the least squares method. For the implementation of algorithms for diagnosing the state of the transport infrastructure of selected neural network Kohonen self-organizing. The efficacy of the use of Kohonen neural network in comparison with the least squares method by automatically partitioning the diagnostic space features state of transport infrastructure to the class. Proved the possibility of solving the problem of different architectures of neural networks.

## МЕХАНО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННОЙ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 09Г2С

**Смирнов А.И.<sup>2</sup>, Перцев А.С.<sup>1</sup>, Панов Д.О.<sup>1</sup>, Симонов Ю.Н.<sup>1</sup>**

1 ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29), e-mail: mto@pstu.ru

2 ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, Россия (630073, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20), e-mail: micros20t@mail.ru

В статье исследовали закономерности формирования структуры и свойств конструкционной стали 09Г2С на разных этапах механо-термической обработки. Перед холодной радиальной ковкой трубные заготовки из стали 09Г2С подвергали предварительной обработке – термическому улучшению. В работе использовали методы металлографического анализа, просвечивающей электронной микроскопии, проводили испытания на одноосное растяжение и ударную вязкость КСУ и КСТ. Результаты исследований показали, что при холодной радиальной ковке трубных заготовок происходит диспергирование элементов структуры и субструктуры исследуемой стали в результате процессов фрагментации структуры. В микроструктуре стали 09Г2С после холодной РК участки структурно свободного феррита менее явно выражены за счет образования в них большого числа границ зерен/субзерен, по сравнению с исходным термоулучшенным состоянием. Последеформационный нагрев стали 09Г2С на 500°C и 600°C вызывает протекание процессов рекристаллизации, микроструктура при этом становится практически однородной по сечению стенки трубной заготовки. Средний размер субзерна  $\alpha$ -фазы после холодной пластической деформации со степенью 55% и отжига при 500 °С в течение 1 часа составляет 555 нм. Холодная пластическая деформация методом радиальнойковки с увеличением степени деформации вызывает рост характеристик прочности  $\sigma_{0,2}$  и  $\sigma_B$  исходно термоулучшенной конструкционной стали 09Г2С на 50% и 30% соответственно. Относительное удлинение снижается практически в 2 раза, характеристики ударной вязкости остаются на достаточно высоком уровне. Последеформационный отжиг конструкционной стали 09Г2С на 600°C приводит к получению характеристик механических свойств  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ , КСУ и КСТ на уровне исходно термоулучшенного состояния, а характеристики пластичности значительно снижаются –  $\delta$  на 42%, а  $\psi$  на 10%.

## MECHANICAL AND HEAT TREATMENT OF THE STRUCTURAL LOW-CARBON STEEL 09G2S

**Smirnov A.I.<sup>2</sup>, Pertsev A.S.<sup>1</sup>, Panov D.O.<sup>1</sup>, Simonov Y.N.<sup>1</sup>**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomol avenue, 29),  
e-mail: mto@pstu.ru

2 Novosibirsk State Technical University Novosibirsk, Russia (630073, Novosibirsk, Karl Marx avenue, 20),  
e-mail: micros20t@mail.ru

We investigated the laws of formation of the structure and properties of structural steel 09G2S at different stages of mechanical and heat treatment. Round billets of steel 09G2S were subjected to pretreatment - toughening before cold radial forging. We used methods of metallographic analysis, transmission electron microscopy, carried out tests on the uniaxial tension and impact toughness KCU and the KCT. The results showed that the cold forging of round billets causes dispersion the elements of the structure and subgrain structure of the investigated steel as a result of the fragmentation structure by cold plastic deformation. The structurally free ferrite, which was observed in the structure of the investigated steel after toughening, is practically absent in the structure of steel 09G2S. Heating the steel 09G2S after deformation to 500 °C and 600 °C causes a behavior of recrystallization processes, and microstructure becomes homogeneous in the wall section of round billets and there are no areas of excessive ferrite. The average size of

subgrains of  $\alpha$ - phase is 555 nm after cold plastic deformation with a deformation ratio of 55% and annealing at 500 °C. With increasing deformation ratio the cold plastic deformation by radial forging causes an increase in the strength characteristics  $\sigma_{0,2}$  and  $\sigma_B$  of structural steel 09G2S after toughening by 50 % and 30 %, respectively. The elongation is reduced by almost 2 times, impact toughness remains at a high level. After annealing of deformed structural steel 09G2S at 600 °C the characteristics of the mechanical properties  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ , KCU and the KCT are equal the characteristics of the mechanical properties of structural steel 09G2S after toughening, and the ductility significantly reduces -  $\delta$  by 42%, and  $\psi$  by 10%.

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

**Синицкий Д.Е., Мурыгин А.В.**

Открытое акционерное общество «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева», Россия, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52

При проведении наземных испытаний не всегда удается использовать реальные приборы, такие как двигательная установка (ДУ) космического аппарата (КА). Использование реальной ДУ является нецелесообразным и приводит к большим материальным затратам. Для решения этих проблем в ОАО «Информационные спутниковые системы имени ак. М.Ф. Решетнева» разработан и изготовлен имитатор ДУ, выполненный в виде релейных ключей. Замкнутое состояние ключа соответствует включенному ДУ, разомкнутое – выключенному. Данный способ имитации является грубым, так как не учитываются законы нарастания и спада тяги при включении и выключении ДУ. Для устранения вышеперечисленных недостатков авторами работы предложено модернизировать имитатор ДУ посредством включения в контур управления программы расчета тяги ДУ. В основе работы программы заложены экспериментальные данные изменения тяги ДУ, полученные при огневых испытаниях реальной ДУ КА. Разработка комплекса имитации ДУ позволила имитировать работу ДУ с учетом промежутков нарастания и спада тяги ДУ в моменты включения и отключения клапанов двигательной установки, что обеспечило более точную имитацию движения КА, работу комплекса полунатурного моделирования при наземных испытаниях системы ориентации и стабилизации КА, а следовательно, улучшило качество испытаний КА.

### **MODELLING OF ACTIVITY OF THE PROPULSION SYSTEM OF THE SPACE VEHICLE AT GROUND TESTS**

**Sinitskiy D.E., Murigin A.V.**

The Joint-stock Company Academician M.F. Reshetnev «Information Satellite Systems» 52, Lenin Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russia

At carrying out of ground tests not always it is possible to use real devices, such as a propulsion system (DU) the space vehicle (space vehicle). Use real DU is inexpedient and leads to large material inputs. For the solution of these problems in Open Society «Information satellite systems of a name M.F. Reshetneva» is developed and made simulator DU executed in the form of relay keys. The closed condition of a key corresponds actuated DU, opened - switched off. The given way of imitation is rough as laws of increase and thrust decay at actuation and cutoff DU are not considered. For elimination of the lacks set forth above by authors of activity it is offered to modernise simulator DU, on engaging means in a control loop of the program of calculation of thrust DU. At the heart of program activity the experimental data of thrust variation DU received at firing tests real DU space vehicle are put. Working out of a complex of imitation DU allowed to simulate activity DU, taking into account intervals of increase and decay of thrust DU in times of engagement and switching-off of valves of a propulsion system that supplied more exact imitation of motion of space vehicle, activity of a complex of semifull-scale modelling at ground tests an attitude control system and space vehicle stabilisation and consequently improved quality of tests of space vehicle.

### **НЕЙРОЭКСПЕРТНЫЙ АЛГОРИТМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОСТОРОННИХ ВЫБРОСОВ ИЗ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

**Сичинава З.И.**

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Сибирская, 24), e-mail: zurabs@bk.ru

Обобщен опыт Пермской научной школы искусственного интеллекта: указаны необходимые условия для разработки адекватной нейросетевой модели. Одним из этих условий является отсутствие в статистической информации посторонних выбросов – наблюдений, не удовлетворяющих закономерностям, которым подчиняется подавляющее большинство примеров поведения исследуемой предметной области. Причинами появления посторонних выбросов могут быть: не достаточно чисто проведенный эксперимент, ошибки измерений, сбои приборов и оборудования, искажения информации, а также влияние факторов, не учтенных при постановке задачи. Идея предлагаемого алгоритма обнаружения выбросов основана на том факте, что если выбросов в обучающем множестве сравнительно немного и если нейронная сеть имеет сравнительно небольшое количество синаптических весов, то после применения процедуры обучения нейронная сеть на примерах, являющихся выбросами, как правило, показывает более высокую погрешность обучения, чем на примерах, не