

Рис. 4. Ввод информации, необходимой для построения диаграммы Ганта.

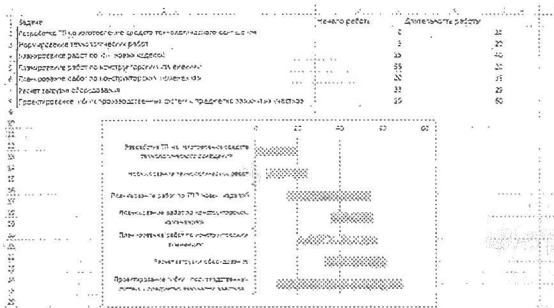


Рис. 5. Построение диаграммы Ганта.  
Выводы.

Таким образом, исследование показало, что методология СМП вполне применима для автоматизированного управления потоками технологических работ. Базирование на ее принципах позволяет существенно облегчить процесс составления графика производственных работ, а также постоянно совершенствоваться в выбранном направлении.

## ОБОБЩЕННЫЕ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОЛЗУЧЕСТИ И ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ МАКРОМЕХАНИКИ КОНСТРУКЦИИ

© 2012 Радченко В.П., Кубышкина С.Н., Шершнева М.В.

Самарский государственный технический университет, Самара

## GENERALIZED RHEOLOGICAL MODEL OF CREEP AND CREEP RUPTURE CONSTRUCTION MACROMECHANICS

© 2012 Radchenko V.P., Kubishkina S.N., Shershneva M.V.

Method for describing the rheological deformation structural elements as a "specific model" in coordinates "generalized load – generalized displacement". Equation of state based on the analogy of the behavior of the construction and the sample under uniaxial loading was proposed. Examples of generalized models for a number of structural elements were given. Validation of the model the experimental data was performed.

При анализе эволюции конструкции в условиях однопараметрического нагружения можно обнаружить аналогию между эффектами деформационной анизотропии, определяемыми наличием самоуравновешенных напряжений в конструктивном элементе, и наблюдаемыми микронапряжениями в

испытаниях образцов реальных материалов. Природа этой аналогии очевидна, неоднородность реальных материалов вызывает микронапряжения, которые в образце играют ту же роль, что и самоуравновешенные напряжения в статически неопределённой конструкции.

Поэтому, если ограничиться построением локальных решений для краевой задачи (в некоторых выбранных точках) или описывать эволюцию некоторых характеристик, интегрально отражающих деформационные свойства конструктивных элементов, то реологические уравнения для элементов конструкций можно строить таким же образом и пользуясь такой же методологией, как и в феноменологических теориях для сплошной среды, не учитывающих микронапряжения, возникающих за счёт неоднородностей материала.

Рассматривая конструктивный элемент как единое целое (специфический образец, хотя и сложной структуры), можно установить связь между входными (нагрузки) и выходными (перемещения, деформации, углы закручивания и т.п.) параметрами, аналогично тому, как строятся модели ползучести для одноосного растягиваемого образца. Тогда для конкретизации связи между входными параметрами (обобщенная нагрузка) и выходными характеристиками (обобщенные перемещения) можно использовать уже имеющиеся одноосные модели реологического деформирования). Такой подход основан на полной аналогии диаграмм упругопластического деформирования и кривых ползучести для растягиваемого одноосного стержня и соответствующих диаграмм в координатах «обобщенная нагрузка – обобщенное перемещение» конструктивного элемента как целого при постоянных температурно-силовых нагрузках.

В общем случае выбор обобщенного перемещения в качестве наблюдаемой величины неоднозначен, носит неформальный характер и определяется целями и задачами исследования; осуществлять его следует так, чтобы при постоянной нагрузке получить для него обычную «кривую ползучести» в координатах «обобщенное перемещение – время», а также обычную обобщенную диаграмму упругопластического деформирования в координатах «обобщенная нагрузка – обобщенное перемещение». При этом обобщенные

модели могут устанавливать связи типа «крутящий момент – угол закручивания» при кручении толстостенных труб или сплошных стержней, «радиальное перемещение – количество оборотов» для диска газотурбинного двигателя, «радиальное перемещение – внутреннее давление» для толстостенных труб под действием внутреннего давления, «кривизна балки – изгибающий момент» для чистого изгиба балки и т.д. [1]. Для построения обобщенных моделей необходимы первичные «стационарные кривые ползучести» и «диаграммы» упругопластического деформирования при постоянных нагрузках, которые могут быть получены либо экспериментально в лабораторных условиях или натуральных испытаний, либо численно решением соответствующей краевой задачи. Наличие адекватной реологической модели конструкции делает ненужным решение краевой задачи при действии переменных нагрузок, что, во-первых, существенно упрощает расчёт, во-вторых, использование обобщенных моделей дает новые возможности для оценки надежности элементов конструкций по параметрическим критериям отказа.

Для иллюстрации предлагаемого подхода приведены примеры построения обобщенных моделей ползучести и длительной прочности для описания реологического деформирования балки при чистом изгибе из технически чистого алюминия и сплава ЭИ698, резьбового соединения из стали 45, толстостенных труб из сталей 12ХМФ и 12Х18Н10Т, толстостенной сферы из сплава ЭИ698, рамной конструкции из технического чистого алюминия. Показано соответствие данных расчёта по обобщенной реологической модели с экспериментальными данными и данными расчёта на основе решения краевой задачи классическими численными методами. Обсуждаются области возможного применения обобщенных моделей конструкций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ



## КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ

© 2012 Радченко В.П., Морозов А.П.

Самарский государственный технический университет, Самара

## COMPREHENSIVE STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL CONDITION OF THE SURFACE LAYER AFTER VARIOUS MODES OF TESTS

© 2012 Radchenko V.P., Morozov A.P.

The influence of high-cycle fatigue actions of the plane samples of the alloy E1698VD, previously hardened in the rate of the air shot blasting, on the characteristics of roughness and microhardness was researched. We also explored the properties of aluminum AD-1 after scleronomous and rheonomic deformation and destruction of the material. We found that microhardness, roughness depended on the terms of hardening and fatigue tests.

Основными задачами современного авиадвигателестроения является повышение срока службы и надежности изделий с одновременным снижением (или хотя бы не увеличением) их массы. Одним из основных резервов повышения сопротивления усталости деталей с концентраторами напряжений является применение современных поверхностно упрочняющих технологий, при этом не происходит изменения ни геометрических параметров деталей, ни ее массы.

Целью данной работы является исследование физико-механического состояния упрочненных образцов из жаропрочного никелевого сплава ЭИ698ВД, алюминиевых сплавов В95, Д16Т после пневмодробеструйной обработки, температурных выдержек и многоцикловых усталостных испытаний, а также технически чистого алюминия АД-1 в условиях склерономного и реономного деформирования и разрушения материала. Новизна исследований состоит в анализе влияния упрочнения на параметры усталости с точки зрения комплексного характера: как с позиции механики деформируемого твердого тела, так и с позиции металлофизики.

В работе изучено влияние многоцикловых усталостных испытаний

плоских образцов из сплава ЭИ698ВД (типа лопатки), предварительно упрочненных в режиме пневмодробеструйной обработки на характеристики микротвердости, шероховатости, размера зерна поверхностного слоя. Первоначально упрочнения осуществлялось двумя способами – стеклянными шариками ( $\varnothing$  250 мкм) и стальной дробью ( $\varnothing$  315 мкм).

Установлено, что наибольший прирост микротвердости наблюдается при упрочнении стеклянными шариками, где среднее значение микротвердости по Кнуппу составляет 1200-1500 единиц. При обработке стальной дробью НК возрастает до 800-900 единиц.

Выявлено, что структура образцов, обработанных стеклянными шариками, однородна по всему сечению. Средний условный  $\varnothing$  зерна составляет  $0,0138 \text{ мм}^2$ . В поверхностном слое наблюдается небольшое количество трещин. Установлено, что при обработке стальной дробью на поверхности имеется полоса глубиной  $0,03\text{-}0,035 \text{ мм}$  со средним  $\varnothing$  зерна  $0,0099 \text{ мм}^2$ . Далее – выявляется однородная микроструктура с величиной зерна  $0,0138 \text{ мм}^2$ .

При исследовании образцов после усталостных испытаний выявлено, что