

Рис. 3

Список литературы:

1. Федосеев В.И. Сопротивление материалов / В.И.Федосеев. - М., Наука, 1986. - 512 с.

2. М.А. Лаврентьев Методы теории функций комплексного переменного / М.А.Лаврентьев, Б.В.Шабат. М., Наука, 1957. - 688 с.

Маленёв Александр Игоревич**ВЕТРОВОЙ ПОТОК И ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОБТЕКАНИИ ЗДАНИЙ.**

соискатель

Военный Учебно-Научный Центр Военно-Воздушных Сил «Военно-Воздушная Академия», г. Воронеж

WIND FLOW AND ITS SIMULATION FOR THE FLOW AROUND BUILDINGS.

Malenyov Aleksandr Igorevich candidate,

MILITARY EDUCATIONAL SCIENTIFIC CENTER AIR FORCE "AIR FORCE ACADEMY", Voronezh

АННОТАЦИЯ

Поток; Моделирование; Результат.

ABSTRACT

Stream; Modeling; Result.

Ключевые слова: Ветровой поток. Математическая модель.

Keywords: Wind flow. Mathematical model.

Ветровой поток при обтекании зданий и строений – одно из основных и главных условий, которое необходимо рассматривать при городском планировании и проектировании зданий [1]. Строительство нового здания изменяет микроклимат в его окрестности.

Ветровой поток можно смоделировать в аэродинамической трубе, тем не менее, с развитием вычислительной техники и численных методов можно точно моделировать те же условия в виртуальной среде с помощью CFD-моделей [2-11], которые могут обеспечить значительное экономическое преимущество при оценке инженерных проектных решений. CFD-моделирование может быть использовано для оценки поля скоро-

сти ветра вокруг зданий, а также для оценки теплового комфорта, вентиляции воздуха, влияния микроклиматических условий [9]. За последние два десятилетия наряду с совершенствованием CFD-моделирования, многие исследования сосредоточены на численном моделировании воздушного потока около одного здания, их исследования показывают сложные явления потока [4,7,8].

CFD-моделирование требует больших временных затрат, очень мелкой сетки и универсальных моделей турбулентности [12] для рассматриваемого класса задач. Также существуют классические аналитические способы расчета взаимодействия ветровых потоков со строительными сооружениями [13,14].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НА БАЗЕ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ

Рассмотрим математическую модель, основанную на применении гидродинамической модели идеальной невязкой жидкости. Данная модель разработана на базе метода дискретных вихрей, что позволяет построить картину линий тока, получить поле скорости ветрового потока около одного здания, нескольких зданий или архитектурных сооружений.

Рассмотрим отрывное нестационарное обтекание здания и малой архитектурной постройки (рисунок 1) с изломами образующей, которые имеют характерные геометрические размеры: длина – l_1, l_2 ; высота – h_1, h_2 и расположенные

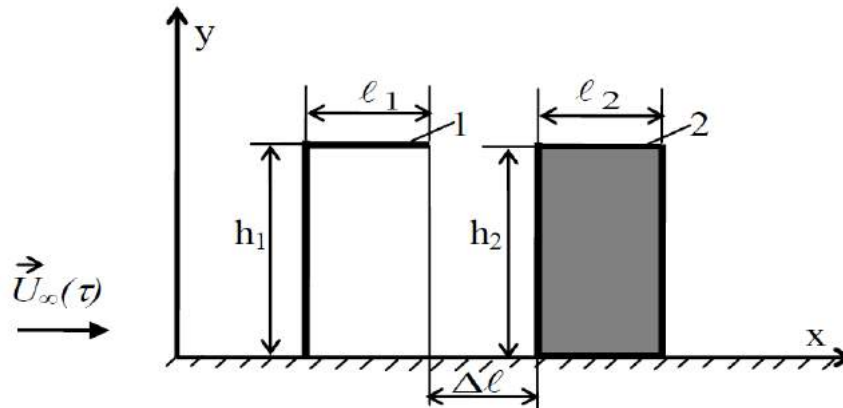


Рисунок 1. Схема расчетной области: 1 – малое архитектурное сооружение, 2 – здание.

Для моделирования процесса обтекания зданий потоком воздуха используем метод дискретных вихрей [15,16], который позволяет рассчитать структуру вихревого потока, форму линий тока и поле скорости при различных условиях размещения зданий [17,18].

Для расчета отрывного обтекания рассматриваемых сооружений у поверхности земли используется основная и зеркально отображенная

на расстоянии Δl друг от друга в плоской системе Oxy . Ветровой поток движется с постоянной скоростью $\vec{U}_\infty(\tau)$ вдоль положительной оси Ox . За характерный размер принята величина $l=h_1$, где h_1 – высота первого сооружения; за характерную скорость – значение скорости набегающего потока $\vec{U}_\infty(\tau)$, где τ – безразмерное время, определяемое как $\vec{U}_\infty(\tau) \cdot t/l$, t – физическое время; $\Delta\tau \approx 1/n$ – безразмерный шаг по времени; n – число присоединенных вихрей, которыми моделируется поверхность здания.

вихревой системы [15,16]. Каждая из них состоит из присоединенных дискретных вихрей, циркуляции которых Γ_μ равны по величине и противоположны по знаку, и свободных $\delta_1^\tau, \delta_2^\tau, \delta_3^\tau, \delta_4^\tau$ вихревых пелен, сходящихся с изломов поверхностей в момент времени τ (рисунок 2).

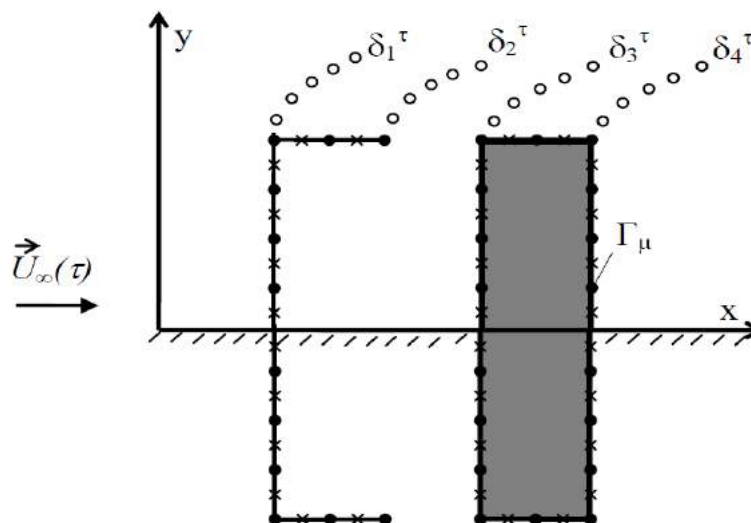


Рисунок 2. Моделирование поверхности тел системой дискретных вихрей (•) и контрольных точек (×).

Движение последних в обеих вихревых системах происходит симметрично. При таком разбиении на линии симметрии Ox автоматически в любой момент времени выполняется условие непротекания, что равносильно присутствию здесь поверхности земли. Схема разбиения поверхностей сооружений включает: n контрольных точек, где выполняется граничное условие непротекания и n дискретных вихрей. Первые располагаются на линиях ν , а вторые на линиях μ между

$$\sum_{\nu=0}^n \left[\sum_{\mu=0}^n \Gamma_{\mu} (a_{\nu\mu} - a'_{\nu\mu}) \right] = -\cos(\vec{U}_{\infty}, \vec{n})_{\nu} - \sum_{kk=1}^4 \sum_{i=1}^k \delta_{kk,i} (a_{kk,i} - a'_{kk,i})_{\nu}, \quad (1)$$

где Γ_{μ} – циркуляция μ -го присоединенного вихря; $a_{\nu\mu}, a'_{\nu\mu}$ – нормальная составляющая скорости в ν -й контрольной точке от μ -го присоединенного вихря основной и зеркально отображенной вихревых систем; $(a_{kk,i})_{\nu}, (a'_{kk,i})_{\nu}$ – нормальные составляющие скорости в ν -ой контрольной точке от i -го свободного вихря основной и зеркально отображенной вихревых систем; kk – порядковый номер вихревой пелены; k – количество свободных вихрей в потоке в момент времени τ в соответствующей вихревой пелене kk ; $\cos(\vec{U}_{\infty}, \vec{n})_{\nu}$ – косинус

контрольными точками, как в основной, так и зеркально отображенной вихревой системе рисунок 2.

Циркуляции присоединенных вихрей Γ_{μ} на k -ом шаге по времени определяются из решения системы линейных алгебраических уравнений (1), которая выражает собой условие непротекания поверхностей сооружений и условие бесциркуляционного обтекания [17-20].

угла между вектором скорости потока $\vec{U}_{\infty}(\tau)$ и нормалью \vec{n} к поверхности тела в каждой контрольной точке. Вычисленные значения циркуляций присоединенных дискретных вихрей Γ_{μ} в местах излома поверхностей определяют циркуляции свободных вихрей $\delta_1^i, \delta_2^i, \delta_3^i, \delta_4^i$ в расчетные моменты времени $\tau, i = \overline{1, k}$.

Новое положение свободных вихрей определяется по методу Эйлера [15,17] соотношениями:

$$\begin{cases} x_{kk,i}^{\tau+1} = x_{kk,i}^{\tau} + \left[\sum_{\mu=0}^n (V_x - V'_x)_{i\mu} + \sum_{j=0}^k (V_x - V'_x)_{ij} + U(\tau) \right] \Delta t, \\ y_{kk,i}^{\tau+1} = y_{kk,i}^{\tau} + \left[\sum_{\mu=0}^n (V_y - V'_y)_{i\mu} + \sum_{j=0}^k (V_y - V'_y)_{ij} \right] \Delta t; \quad i = \overline{1, k}; \quad kk = \overline{1, 4} \end{cases}, \quad (2)$$

где $(V_x)_{i\mu}, (V'_x)_{i\mu}, (V_y)_{i\mu}, (V'_y)_{i\mu}, (V_x)_{ij}, (V'_x)_{ij}, (V_y)_{ij}, (V'_y)_{ij}$ – эти компоненты скорости можно найти из соотношения (3)

$$\begin{cases} V_{xik} = -\frac{1}{2\pi} \frac{y_k - y_i}{2\pi(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} \\ V_{yik} = \frac{1}{2\pi} \frac{y_k - y_i}{2\pi(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} \end{cases}, \quad (3)$$

где k – расчетная точка, в которой определяется скорость; i – вихрь, который индуцирует скорость.

Получив развитый вихревой поток, можно построить линии тока [18] около рассматриваемых тел (4).

$$\frac{dx}{V_x} = \frac{dx}{V_y}, \quad (4)$$

где V_x, V_y – компоненты скорости в рассматриваемой точке плоскости q от всей вихревой системы: присоединенных вихрей основной и зеркально отображенной системы первого и второго сооружения μ_1, μ_2 ; свободных вихрей, сходящих с острых кромок, обоих сооружений $\delta_1, \delta_1', \delta_2, \delta_2', \delta_3, \delta_3', \delta_4, \delta_4'$

Эти компоненты скорости вычисляются следующим образом:

$$\begin{cases} (V_x)_q = \sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \Gamma_{\mu_r} (V_{x\mu_r} - V'_{x\mu_r})_i + \sum_{rr=1}^{pp} \sum_{j=1}^k \Gamma_{\delta_{rr}} (V_{x\delta_{rr}} - V'_{x\delta_{rr}})_j + U_{\infty}(\tau) \\ (V_y)_q = \sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \Gamma_{\mu_r} (V_{y\mu_r} - V'_{y\mu_r})_i + \sum_{rr=1}^{pp} \sum_{j=1}^k \Gamma_{\delta_{rr}} (V_{y\delta_{rr}} - V'_{y\delta_{rr}})_j \end{cases}, \quad (5)$$

где Γ_{μ_r} - циркуляция μ -го присоединенного вихря r -го сооружения, $\Gamma_{\delta_{rr}}$ - циркуляция свободного вихря rr -ой вихревой пелены; $U_{\infty}(\tau)$ - скорость набегающего потока; $(V_x)_q, (V_y)_q$ - компоненты скорости в рассматриваемой точке плоскости (x_q, y_q) , которые можно рассчитать как сумму соответствующих компонент скорости от всей вихревой системы (3): присоединенных вихрей μ_r (компоненты $V_{x\mu_r}, V_{y\mu_r}$) которыми моделируются поверхности сооружений, и свободных вихрей δ_{rr} (компоненты $V_{x\delta_{rr}}, V_{y\delta_{rr}}$), сошедших с острых кромок, на расчетный момент времени τ основной и зеркально отображенной вихревой системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Используем описанную математическую модель для расчета структуры вихревого потока, линий тока и поля скорости при обтекании ветровым потоком здания и малой архитектурной постройки одинаковой длины $l_1=l_2$ и высоты $h_1=h_2$.

Рассмотрим три варианта: $\Delta l=3l, \Delta l=2l, \Delta l=l$, где Δl - расстояние между зданием и малой архитектурной постройкой, l - характерный размер.

Результаты расчета структуры вихревого потока представлены на рис. 3 - 5, что соответствует 50 шагам по времени или для момента времени 20 с.

Анализируя структуру вихревого потока, представленную на рисунках 3 - 5, можно видеть, что если рассматриваемые объекты находятся на достаточном расстоянии друг от друга $\Delta l=3l$ (рисунок 3) то возникает мощный вихревой поток внутри малого сооружения и на подветренной стороне основного здания, который способствует образованию застойных зон. Однако, так как вихревые пелены, сходящие с острых кромок обоих объектов не взаимодействуют между собой, то с течением времени вихревой поток около малого сооружения вытягивается и выносится за его пределы, что способствует хорошему вентилированию межкорпусного пространства. При уменьшении расстояния $\Delta l=2l$ (рисунок 4) видно, что постепенно вихревые пелены, сходящие с малого сооружения, проникают в вихревой поток, который формируется около основного здания, и при $\Delta l=l$ (рисунок 5) будут образовываться мощные порывы ветра (завихрения большой интенсивности), как в зазоре между рассматриваемыми объектами, так и внутри малого сооружения.

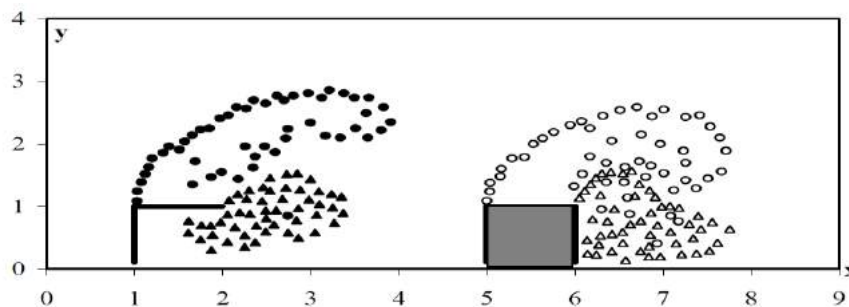


Рисунок 3. Структура вихревого потока $\Delta l=3l$.

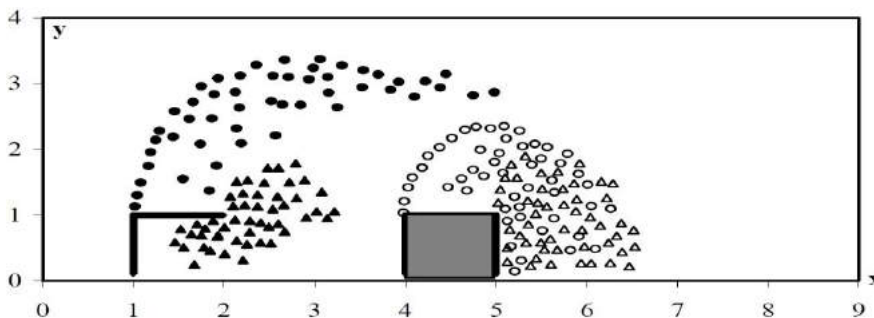


Рисунок 4. Структура вихревого потока $\Delta l=2l$.

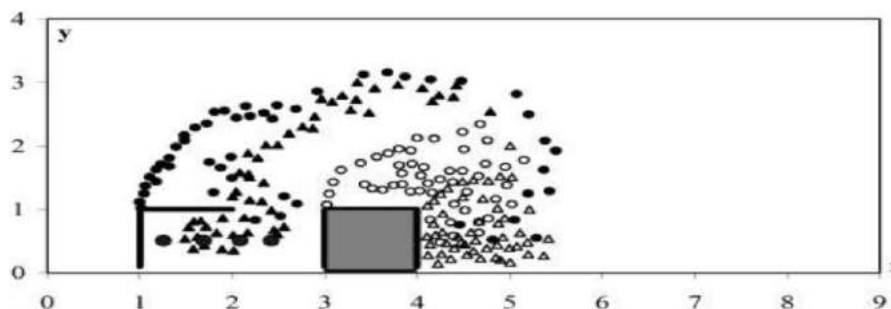


Рисунок 5. Структура вихревого потока $\Delta l = l$.

На рисунке 6 представлена форма линий тока, соответствующая третьему сценарию

расположения сооружений, что подтверждает образование зон возвратного течения.

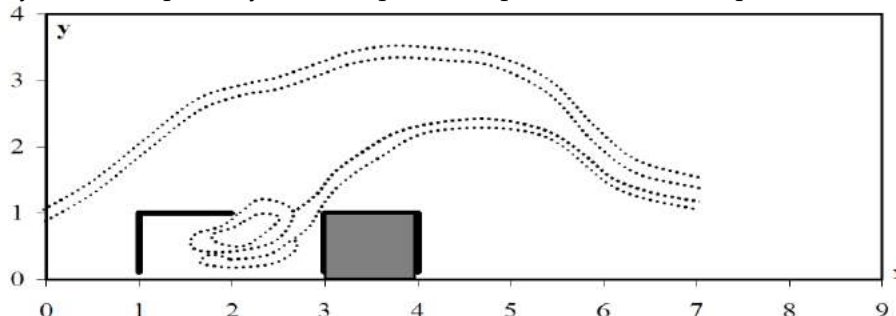


Рисунок 6. Форма линий тока $\Delta l = l$.

Список литературы:

1. Wu H. Designing for pedestrian comfort in response to local climate / H. Wu and F. Kriksic // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2012. - P. 104-106, 394-407.
2. Blocken B. Pedestrian wind comfort around a large football stadium in an urban environment: CFD simulation, validation and application of the new dutch wind nuisance standard / B. Blocken and J. Persoon. // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2009. - № 97(5-6). - P. 255-270.
3. Blocken B. Modification of pedestrian wind comfort in the silvertop to werpassages by an automatic control system / B. Blocken, S. Roels and J. Carmeliet. // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2004. - № 92(10). - P. 849-873.
4. Bosch G. Simulation of vortex shedding past a square cylinder with different turbulence models / G. Bosch, W. Rodi // International Journal for Numerical Methods in Fluids. - 1998. - № 28(4). - P. 601-616.
5. Franke J. Recommendations on the use of CFD in wind engineering. / J. Franke, C. Hirsch, A. G. Jensen. // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2004. - № 81(1-3). - P. 295-309.
6. Mohamed S. F. CFD Simulation for Wind Comfort and Safety in Urban Area: A Case Study of Coventry University Central Campus / S. F. Mohamed, J. Karadelis // International Journal of Architecture, Engineering and Construction. - 2013. - Vol2, № 2. - P. 131-143.
7. Murakami S. Overview of turbulence models applied in CWE - 1997 / S. Murakami // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 1998. - P. 74-76, 1-24.
8. Paterson D. A. Computation of wind flows over three - dimensional buildings / D. A. Paterson, C. J. Apelt // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 1986. - № 24(3). - P. 193-213.
9. Stathopoulos T. Pedestrian level winds and outdoor human comfort / T. Stathopoulos // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2006. - № 94(11). - P. 769-780.
10. Wu H. Designing for pedestrian comfort in response to local climate / H. Wu and F. Kriksic // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2012. - P. 104-106, 394-407.
11. Yoshie R. Cooperative project for CFD prediction of pedestrian wind environment in the architectural institute of Japan / R. Yoshie, A. Mochida, Y. Tominaga // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2007. - № 95(9-11). - P. 1551-1578.
12. Shih T. A new k-e eddy viscosity model for high reynolds number turbulent flows / T. Shih, W. W. Liou, A. Shabbir // Computers and Fluids. - 1995. - № 24(3). - P. 227-238.
13. Белов И. А. Взаимодействие неравномерных потоков с преградами / И. А. Белов. - Л.: Машиностроение, 1983. - 144 с.
14. Реттер Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Реттер. - М.: Стройиздат, 1984. - 294 с.

15. Белоцерковский С. М. Математическое моделирование плоскопараллельного отрывного обтекания тел / С. М. Белоцерковский, В. Н. Котовский, М. И. Ништ. – М. : Наука, 1988. – 232 с.

16. Белоцерковский С. М. Моделирование отрывного обтекания цилиндра вблизи экрана / С. М. Белоцерковский, В. Н. Котовский, М. И. Ништ. // Инженерно-физический журн. – 1986. – Т. 50, № 2. – С. 78-84.

17. Русакова Т. И. Численное исследование структуры вихревого потока около высотных сооружений / Т. И. Русакова, В. И. Карплюк // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. «Механіка». – 2006. – Вип. 10, т. 1. – С. 154-160.

18. Русакова Т. И. Задача численного расчета обтекания зданий воздушным потоком / Т. И. Русакова, В. И. Карплюк // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. «Механіка». – 2007. – Вип. 11, т. 1. – С. 53-58.

Зинченко Ва.М.¹, Прохорова А.И.²

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ

¹доктор техн. наук, профессор Университета машиностроения, г. Москва

²канд. техн.

наук, доцент Университета машиностроения г. Москва

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL HEREDITY ON LONGEVITY OF WARES

Zinchenko Valentin Mitrofanovich

Sc.D., professor of University engineers, Moscow

Prochorova Aleksandra Ivanovna candidate of sciences, associate professor of University of engineer, Moscow

АННОТАЦИЯ

При производстве детали необходима комплексная оценка на основе технологической наследственности по ходу всего процесса её изготовления.

ANNOTATION

In the production of parts require a comprehensive assessment based on technological heredity in the course of its manufacturing process.

Ключевые слова: структура, свойства, заготовки, детали, критерии, технологическая наследственность, инженерия поверхности.

Keywords: structure, properties, purveyances, details, criteria, technological heredity, engineering of surface

Цель любого производства - изготовление изделий стабильно высокого качества.

Однако на практике наблюдается значительный разброс эксплуатационных свойств объектов производства. Большинство деталей, узлов, агрегатов сложных изделий, например, автомобилей, тракторов, станков, надёжно и длительно работают, но часть деталей из-за недостаточной прочности разрушаются преждевременно. Таким образом, на производстве по одной технологической документации на одном и том же оборудовании изготавливают одновременно детали с разным качеством: высоким и низким. Причём срок службы одноимённых деталей может отличаться существенно, например, автомобильных зубчатых колёс в 8-10 раз [1,2].

Поэтому перед машиностроителями остро стоит проблема повышения качества деталей, но не всех, а только некоторой части. Это значит, что перед производством стоит задача стабилизации

качества производимых деталей за счёт уменьшения доли деталей, обладающих низкими свойствами.

Для устранения причин, приводящих к разбросу свойств объектов производства необходимо исследовать не только процессы на отдельных этапах изготовления (ковка, литьё, механическая обработка, термическая обработка), но и устанавливать связи между отдельными технологическими операциями. То есть в современных условиях требуется общая и комплексная оценка всего процесса изготовления изделий на основе технологической наследственности, которая позволяет изучать последовательно все процессы, происходящие в металле, заготовках, деталях по ходу всего процесса изготовления изделий.

Обычно детали, обладающие параметрами, установленными нормативно-технической документацией, надёжно и длительно работают при эксплуатации изделий. Однако довольно часто