

Поворот Σ' вокруг оси ОХ:

$$M_{(\bar{x}, \bar{y}), [\underline{\varphi}, \bar{\varphi}]} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos[\underline{\varphi}, \bar{\varphi}] & -\sin[\underline{\varphi}, \bar{\varphi}] \\ 0 & \sin[\underline{\varphi}, \bar{\varphi}] & \cos[\underline{\varphi}, \bar{\varphi}] \end{vmatrix} \quad (6)$$

Поворот Σ' вокруг оси ОУ:

$$M_{(\bar{y}, \bar{z}), [\underline{\psi}, \bar{\psi}]} = \begin{vmatrix} \cos[\underline{\psi}, \bar{\psi}] & 0 & -\sin[\underline{\psi}, \bar{\psi}] \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin[\underline{\psi}, \bar{\psi}] & 0 & \cos[\underline{\psi}, \bar{\psi}] \end{vmatrix} \quad (7)$$

Поворот Σ' вокруг оси ОZ:

$$M_{(\bar{z}, \bar{x}), [\underline{\theta}, \bar{\theta}]} = \begin{vmatrix} \cos[\underline{\theta}, \bar{\theta}] & -\sin[\underline{\theta}, \bar{\theta}] & 0 \\ \sin[\underline{\theta}, \bar{\theta}] & \cos[\underline{\theta}, \bar{\theta}] & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (8)$$

В общем случае, когда система Σ' повернута относительно системы Σ и их начала не совпадают, радиус-вектор точки М – определяющий ее положение в системе Σ , будет иметь следующее выражение:

$$\bar{r} = \bar{r}_0 + M \bar{r}'; \quad (10)$$

где \bar{r}_0 – радиус-вектор, определяющий положение начала координат системы Σ' в системе Σ .

Пользуясь формулами перехода (6) – (10) из одной координатной системы в другую, запишем уравнение радиус-вектора \bar{r} , определяющего положение точки М в координатной системе Σ_1 эквивалентной схеме:

$$\bar{r} = M^{-1} \left[M_2^{-1} (M_4 \bar{r}_4 - \bar{r}_{04} - \bar{r}_{02}) - \bar{r}_{01} \right] \quad (11)$$

Уравнение (11) позволяет определить координаты точки получаемой поверхности детали. При этом значения допусков на звенья размерной цепи (радиус-векторы) следует задавать в интервальном виде как и углы с допусками относительного поворота координатных систем, построенных на основных узлах станка.

Применение предлагаемого интервального подхода позволит повысить достоверность и надежность процессов моделирования и оценки точности машин и технологического оборудования.

Литература.

1. Базров, Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 1984. – 256 с.
2. Пестов, С.П. Точность настройки станков с ЧПУ на обработку отверстий / С.П. Пестов, П.Г. Мазиин // СТИН. – 2006. - № 11. – С. 5-9.

МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ О КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

*А.П. Цеплит***, аспирант, ст. преподаватель, А.А. Григорьева*, к.т.н., доц.*

**Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)64942

E-mail: antonina505@mail.ru

***Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева*

Введение

Проблема перехода России на инновационный путь развития сейчас является общепризнанной. Для сохранения конкурентоспособности на машиностроительном рынке, необходимы инновации и постоянное совершенствование технологий. В особенности это касается программных решений, которые играют важнейшую роль на каждом этапе жизненного цикла машиностроительной продукции – от формирования исходной концепции до вывода в промышленную эксплуатацию и

сопровождения. Поэтому в настоящее время актуальным является создание модельного аппарата и информационной среды для поддержки принятия стратегических решений об инновационном развитии предприятий, выпускающих наукоемкую машиностроительную технику. Характерной чертой процесса принятия решений о конкурентоспособности наукоемкой машиностроительной продукции является его непрерывность. В связи с этим это будет не одна, а система моделей, т.к. разные модели будут применяться для получения оценок конкурентоспособности на основных этапах жизненного цикла продукции.

В работе особое внимание уделено моделям оценки конкурентоспособности машиностроительной продукции на ранних стадиях жизненного цикла продукции: маркетинговые исследования, синтез идеи, НИОКР. При создании системы поддержки принятия решения о конкурентоспособности машиностроительной продукции возникают некоторые проблемы, которые разрешить традиционными методами сложно: не все цели управления могут быть выражены количественно; между рядом параметров, оказывающих влияние на процесс управления, не удастся установить точных количественных зависимостей. Следует отметить также, что практически всегда менеджеры и эксперты работают в условиях неполноты информации и ее неопределенности. Если отсутствие информации в полном объеме можно, хотя бы принципиально снять путем получения дополнительной информации каким либо из возможных способов: разведка, прошлый опыт, проведение экспериментов, то неопределенность, связанную с несогласованностью мнений экспертов можно в какой-то мере снять за счет методов теории нечетких множеств [1,2]. Поэтому для построения адекватных математических моделей оценки конкурентоспособности продукции помимо многокритериального подхода целесообразно использовать группу нечетких методов для взаимоисключения недостатков и возможности сравнивать полученные результаты, что повышает гибкость принятия решения в области исследуемой проблемы [3].

Модель прогнозирования потребительских предпочтений машиностроительной продукции на стадии маркетинговых исследований

Спрос на инновационную продукцию порождается потребностями (предпочтениями) и возможностями потребителей. Прогнозируя спрос, нельзя ориентировать производство продукции лишь на удовлетворение потребностей или предпочтений потребителей без учета реальной платежеспособности тех, для кого предназначается конкретная продукция, и тех факторов, которые влияют на поведение покупателей (цена, степень необходимости продукции, качество, престиж и т.д.). Однако, следует помнить, что спрос на продукцию определяет ее конкурентоспособность с позиции потребителя. В то же время конкурентоспособность продукции определяется ее технико-экономическими характеристиками, которым уделяет существенное внимание производитель. То есть возникает диалог между потребителем и производителем продукции, в ходе которого осуществляется прогнозирование предпочтений потребителей и выявляется их отношение к продукции с целью дальнейшего воздействия на спрос. Для оценки отношений потребителя к технико-экономическим характеристикам продукции и оптимизации диалога между потребителем и производителем наукоемкой продукции предлагается методика, которая включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Составляется перечень возможных потребительских требований-предпочтений (ПТ) к исследуемой продукции. Потребительские требования формулируются на языке потребителя.

Этап 2. Оценка значимости каждого требования, т.е. проставление рейтинговой оценки каждому требованию потребителя. Это достигается путем проведения экспертных опросов потенциальных потребителей. Трудоемкость этого этапа зависит от количества респондентов и числа выявленных требований.

Этап 3. Формирование комплекса технико-экономических характеристик (ТЭХ) продукции, по которому будет производиться оценка уровня конкурентоспособности продукции с одной стороны, а с другой – отношение потребителя к продукции. ТЭХ формулируются на профессиональном языке (языке производителя).

Этап 4. Строится матрица размерностью $M \cdot N$ (M – количество ТЭХ продукции, N – количество потребительских требований). Причем для удобства пользования потребительские требования обычно ранжируются в порядке убывания значимости.

Этап 5. Определение жесткости связи между ПТ и ТЭХ. Это самый трудоемкий этап методики. Во-первых, встает вопрос, какой вид регрессионной зависимости использовать. Анализ литературы по структурированию функций качества показал, что обычно используются линейные зависимости, так как они вполне подходят в качестве первого приближения. Мерой жесткости связи высту-

пает при этом статистический коэффициент корреляции. Во-вторых, необходимо выбрать относительную шкалу оценки жесткости связи. Очевидно, лучше всего использовать экспертные оценки для избежания рутинных расчетов. Выбор дискретных значений шкалы субъективен и определяется психологией эксперта. Однако, для того, чтобы использовать данные значения в качестве коэффициента корреляции, необходимо применить шкалу с интервалом значений от – 1 до 1. Негативная связь между показателями означает, что рост потребительского требования влечет за собой снижение значения ТЭХ продукции. Наоборот, положительная связь означает, что рост потребительского требования способствует увеличению значения ТЭХ продукции. Сама шкала и интерпретация ее значений приведены в табл.1.

Таблица 1

Шкала оценки жесткости связи между ПТ и ТЭХ

Значение шкалы	Качественная интерпретация
– 1	Очень высокая негативная связь
– 0,75	Достаточно высокая негативная связь
– 0,5	Средняя негативная связь
– 0,25	Умеренная негативная связь
0	Отсутствие связи
0,25	Умеренная положительная связь
0,5	Средняя положительная связь
0,75	Достаточно высокая положительная связь
1	Очень высокая положительная связь

Этап 6. Определение рейтинговых оценок ТЭХ продукции. На этом этапе записываются итоговые многофакторные регрессионные зависимости ТЭХ от ПТ следующего вида:

$$ТЭХ_1 = ПТ_1 \cdot k_{11} + ПТ_2 \cdot k_{12} + ПТ_3 \cdot k_{13} + \dots + ПТ_n \cdot k_{1n};$$

$$ТЭХ_2 = ПТ_1 \cdot k_{21} + ПТ_2 \cdot k_{22} + ПТ_3 \cdot k_{23} + \dots + ПТ_n \cdot k_{2n};$$

$$ТЭХ_3 = ПТ_1 \cdot k_{31} + ПТ_2 \cdot k_{32} + ПТ_3 \cdot k_{33} + \dots + ПТ_n \cdot k_{3n};$$

⋮

$$ТЭХ_m = ПТ_1 \cdot k_{m1} + ПТ_2 \cdot k_{m2} + ПТ_3 \cdot k_{m3} + \dots + ПТ_n \cdot k_{mn},$$

где ПТ_j – значение рейтинговой оценки j – го потребительского требования (величина значимости, определенная на основе статистической обработки опросных листов респондентов);

k_{mn} – экспертная оценка жесткости связи между ПТ и ТЭХ (коэффициент корреляции).

Полученные таким образом оценкам ТЭХ можно использовать в качестве рейтингов технико-экономических показателей продукции. То есть это ключевые индикаторы, позволяющие судить о том, каким характеристикам должен уделять первоочередное внимание производитель продукции при решении задачи максимального удовлетворения потребительских требований (предпочтений).

Этап 7. Определение интегральной оценки конкурентоспособности продукции. Ее можно представить как средневзвешенную из технико-экономических характеристик. Весами могут служить значимости характеристик по степени влияния на уровень конкурентоспособности продукции. Данные веса также можно определять экспертным путем.

Модель прогнозирования потребительских предпочтений позволяет достаточно корректно и достоверно рассчитать вероятный спрос, мотивацию поведения потребителей, их отношение к предлагаемой продукции.

Модель определения конкурентоспособности продукции на основе метода попарных сравнений

Специфика данной модели позволяет ее использовать на начальных стадиях жизненного цикла изделий. Сравнение альтернатив можно производить по показателю «значимость технического решения» или в целом по продукции [4, 5].

Пусть перед нами стоит следующая задача: для оценки конкурентоспособности семи видов очистных механизированных комплексов используется лингвистическая переменная β – «конкурентоспособность»

тоспособность» с множеством базовых значений $T = \{\text{«низкая»}, \text{«средняя»}, \text{«высокая»}\}$; базовое множество $X = \{K_1, K_2, K_3, \dots, K_7\}$, где K_i – модель механизированного комплекса. Исследуются очистные механизированные комплексы, выпускаемые Юргинским машиностроительным заводом, польскими производителями и их зарубежные аналоги: K_1 – ДБТ; K_2 – Джой; K_3 – Джой-1; K_4 – GLINIK (Польша); K_5 – KM138/2; K_6 – 3KM138; K_7 – K-500Ю (ЮМЗ). Терм «низкая» характеризуется нечеткой переменной (низкая, X, \tilde{C}).

Требуется построить функцию принадлежности μ_c нечеткого множества \tilde{C} , описывающего терм «низкая».

Функция принадлежности μ_c определяется по матрице попарных сравнений $M = \|m_{ij}\|$, элементы которой m_{ij} представляют собой некоторые оценки интенсивности принадлежности элементов $x_i \in X$ нечеткому множеству \tilde{C} по сравнению с элементами $x_j \in X$: $\mu_c(x_i) = 1 / \sum_{j=1}^n m_{ij}$.

$$\mu_c(x_i) = 1 / \sum_{j=1}^n m_{ij}$$

После обработки экспертных оценок имеем нечеткое множество \tilde{C} «низкая конкурентоспособность»:

$\tilde{C} = \{(1/K-500Ю \text{ (ЮМЗ)}), (0,53/3KM138), (0,33/KM138/2), (0,19/Джой-1), (0,12/ GLINIK), (0,1/ДБТ), (0,07/Джой)\}$, т.е. 1 соответствует очистному механизированному комплексу с наименьшей конкурентоспособностью.

Модель рейтинговой оценки конкурентоспособности продукции на стадии НИОКР

Модель базируется на основе метода расчета степеней предпочтения с учетом порога предпочтительной конкурентоспособности [4,7]. В модели приняты следующие допущения: существование определенного уровня компетентности экспертов; характеристика продукции p признаками; варьирование степени важности признаков (критериев) при присвоении данной продукции рейтинга между экспертами; предпочтение одного вида продукции другому, если его признаки по своей степени важности более близки к оценке экспертов.

Предполагается, что $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество экспертов, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ – множество признаков (критериев) продукции и $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ – множество видов продукции (альтернатив).

Алгоритм работы модели следующий:

- 1) ввод данных об альтернативах;
- 2) ввод сведений о признаках (критериях конкурентоспособности продукции);
- 3) формирование матрицы важности (весов) признаков экспертами;
- 4) формирование матрицы степеней совместимости видов продукции (альтернатив) с признаками;
- 5) расчет матрицы взвешенных степеней предпочтения продукции экспертами;
- 6) расчет порога предпочтительной конкурентоспособности продукции;
- 7) расчет и вывод рейтинговых оценок альтернатив.

Проведем апробацию рейтинговой модели на примере оценки конкурентоспособности шахтных крепей. Оценку производили десять экспертов (x_i). Оценивались следующие марки шахтных крепей (альтернатив): z_1 – 1УКП (Украина), z_2 – Тагор 13 / 29- 03 (Польша), z_3 – Фазос 12/25 (Польша), z_4 – М -138 /2 (ОАО «Юргинский машиностроительный завод»). Продукция оценивалась по следующим критериям: Y_1 – коэффициент актуальности решенной технической задачи (Аи); Y_2 – коэффициент соответствия решенной технической задачи программам важнейших работ научно-технического прогресса (Пр); Y_3 – коэффициент сложности технической задачи (Сз); Y_4 – коэффициент объема использования решенной технической задачи (Ои); Y_5 – коэффициент широты охвата охранными мероприятиями решенной технической задачи (Шо). Данные критерии входят в состав показателя «Значимость технического решения». Матрица нечеткого бинарного отношения R представлена в таблице 2.

Таблица 2

Матрица нечеткого бинарного отношения

Эксперты \ Веса	Аи	Пр	Сз	Ои	Шо
	У 1	У 2	У 3	У 4	У 5
X 1	0	1	0	0	1
X 2	0	0	1	0	1
X 3	0	0	0	1	0
X 4	1	1	1	1	1
X 5	0,8	0,4	0,5	0,9	0,7
X 6	0,7	0,3	0,4	0,8	0,2
X 7	0,5	0,8	0,8	0,2	0,3
X 8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
X 9	0,6	0,7	0,8	0,5	0,4
X 10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

В этой матрице элементы каждой строки выражают относительные степени важности признаков в принятии экспертом решения о присвоении рейтинговой оценки.

Затем эксперты оценивают степень принадлежности или совместимость продукции z с признаком (критерием)у. В матричной форме (S)это представлено в таблице 3.

Таблица 3

Степень совместимости продукции с критериями

Инновации \ Признаки		Z 1	Z 2	Z 3	Z 4
Аи	У 1	0,9	0,1	0,5	0,7
Пр	У 2	0,5	0,9	0,6	0,6
Сз	У 3	0,4	0,9	0,5	0,4
Ои	У 4	0,8	0,1	0,5	0,6
Шо	У 5	0,1	0,1	0,1	0,1

На основе расчета функции принадлежности [7], получаем матрицу взвешенных степеней предпочтения продукции экспертами (Т), табл.4.

Таблица 4

Матрица взвешенных степеней предпочтения продукции

Инновации \ Эксперты	Z 1	Z 2	Z 3	Z 4
	X 1	0,22	0,476	0,318
X 2	0,185	0,476	0,273	0,208
X 3	0,296	0,048	0,227	0,250
X 4	1,0	1,0	1,0	1,0
X 5	0,707	0,5	0,641	0,671
X 6	0,593	0,381	0,523	0,554
X 7	0,504	0,733	0,597	0,517
X 8	0,5	0,5	0,5	0,5
X 9	0,61	0,714	0,641	0,625
X 10	0,1	0,1	0,1	0,1

Наконец, из матрицы Т получаем матрицу выпуклых пересечений степеней предпочтения продукции экспертами W, табл. 5.

Таблица 5

Матрица выпуклых пересечений степеней предпочтения продукции экспертами

0,22	0,22	0,22	0,318	0,292	0,292
0,185	0,185	0,185	0,273	0,208	0,208
0,048	0,227	0,250	0,048	0,048	0,227
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,5	0,64	0,671	0,5	0,5	0,64
0,381	0,532	0,554	0,381	0,381	0,523
0,504	0,504	0,504	0,579	0,517	0,517
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,61	0,61	0,61	0,641	0,625	0,625
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

На основе матрицы W и условия:

$$w < \min_{ij} \max_x \min [\mu_{A_i}(x, z_i), \mu_{A_j}(x, z_j)]$$

рассчитаем порог предпочтительной конкурентоспособности альтернативы w [7]. В нашем случае $w = 0,61$. Применяя 0,61 в качестве порога различия, определим следующие совокупности экспертных оценок для продукции: $P_1 = \{x_5, x_9\}$; $P_2 = \{x_7, x_9\}$; $P_3 = \{x_5, x_9\}$; $P_4 = \{x_5, x_9\}$.

Рассчитаем рейтинг продукции: $Rcp(z_1) = (0,707 + 0,61)/10 = 0,132$;

$Rcp(z_2) = 0,145$; $Rcp(z_3) = 0,128$; $Rcp(z_4) = 0,130$.

Данную модель можно применить на всех этапах жизненного цикла продукции, меняя систему критериев. На этапе производства, реализации, эксплуатации используются следующие критерии: «значимость технического решения» (Зтр), финансовый приоритет от выпуска продукции (ФП), критерии эффективности производства (ЭП) и сбыта продукции (ЭС). Можно вместо критерия «значимость технического решения» (Зтр) использовать признак инновационной продукции NPV – чистая текущая стоимость.

Выявлено, что конкурентоспособность продукции на разных сегментах потребительского рынка является различной. Следовательно, производитель должен вначале осуществить правильную сегментацию потребительского рынка, а затем уже рассчитывать рейтинг продукции.

Заключение

В работе предложены модели оценки конкурентоспособности машиностроительной продукции, позволяющие принять рациональное управленческое решение о производстве инновационной наукоемкой продукции в условиях недостаточности и неопределенности информации.

Модель прогнозирования потребительских предпочтений позволяет достаточно корректно и достоверно рассчитать вероятный спрос, мотивацию поведения потребителей, их отношение к предлагаемой продукции.

Модель определения конкурентоспособности машиностроительной продукции на базе метода попарных сравнений дает возможность менеджерам получить нечеткие множества альтернатив различной степени конкурентоспособности на ранних стадиях исследования. В качестве критериев выступают технические характеристики продукции.

Рейтинговая модель оценки приоритетов машиностроительной продукции позволит обеспечить рациональный выбор альтернатив в условиях группового выбора как на этапах синтеза идеи, ее разработки прогрессивным предпринимателем, когда информация о критериях и показателях оценки альтернативы по своей природе не определена или недоступна, так и на этапах производства продукции и ее продвижения на рынок, когда потенциальный производитель имеет возможность влиять на уровни и значения конкретных оценок эффективности и стоимости альтернатив. Все это даст возможность избирательного частичного финансирования производств конкретных видов продукции на основе принятой системы критериев.

Литература.

1. Zakharova A., Telipenko E. Information system of bankruptcy risk management of an enterprise. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012, – 2012.
2. Zakharova, A.A. Fuzzy swot analysis for selection of bankruptcy risk factors. Applied Mechanics and Materials Volume 379, 2013, Pages 207-213.

3. Grigoreva A. A. Information System Of Innovative Products Competitiveness Determining // 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, September 18-21, 2012. - Tomsk: TPU Press, 2012 - Vol. 1 - p. 691-694
4. Григорьева А.А., Тациян Г.О., Григорьева А.П. (Цеплит А.П.) Автоматизированный мониторинг конкурентоспособности инновационной машиностроительной продукции: монография – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 231с.
5. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. - М.: Наука., 1990. - 272 с.
6. Осипов Ю.М. Показатель «значимость технического решения» имитационной модели АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация и современные технологии. - М., 1994. № 3. С.33-35.
7. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./ Под. ред. Р.Р. Ягера.–М.: Радио и связь, 1986.–С.339-347.

РАСПОЗНАВАНИЕ ВИДА НЕЛИНЕЙНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

О.Н. Инденко, к.т.н., доцент

Кемеровский государственный университет

650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. (3842) 58-38-85

E-mail: yurich_70@mail.ru

Исследование динамики нелинейных систем составляет самостоятельное направление в теории автоматического управления. В этой области разработаны методы определения параметров автоколебаний, сформулированы критерии устойчивости, предложены различные схемы коррекции нелинейных систем, а также развиты методы оптимального управления [1, 2, 4].

Нелинейные системы значительно разнообразнее и сложнее, чем линейные, и, естественно, они содержат в себе линейные системы как частный, довольно узкий подкласс. При исследовании реальных систем, зачастую обращаются к линейной теории как более простой и разработанной. И когда нелинейность играет существенную роль в поведении системы, прибегают к теории нелинейных систем.

При изучении нелинейных автоматических систем необходимо учитывать особенности, несвойственные линейной постановке и являющиеся следствием неотъемлемых физических свойств: сухого трения и зазоров в кинематике, насыщения в связи с ограничениями изменения массы, величины передаваемой энергии и т.д. А так же нелинейные элементы преднамеренно вводят для получения требуемых показателей качества системы автоматического управления (САУ) [1]. Нелинейность становится все более важной для практики по мере повышения требований к качеству процессов и к точности расчета систем автоматического управления и регулирования.

В САУ различают два вида нелинейностей: статические и динамические. Выходная переменная статических нелинейных звеньев в каждый момент времени зависит только от значений входной переменной и не зависит от того, как входная переменная изменялась до рассматриваемого момента времени. В наиболее распространенных случаях нелинейные свойства системы в основном определяются наличием статических характеристик [2, 4], поэтому актуальной задачей является изучение распознавания вида статической нелинейности динамического объекта по результатам дискретных наблюдений его вход-выходных сигналов.

Объект называется нелинейным, если он не удовлетворяет принципу суперпозиции или если зависимость его выходного сигнала от входного не может быть описана линейным уравнением [1]. Структура и уравнение нелинейной системы могут быть очень сложными в зависимости от количества, вида и места включения нелинейных элементов. Однако, большинство реальных систем содержит один существенно нелинейный элемент (рис.1.).

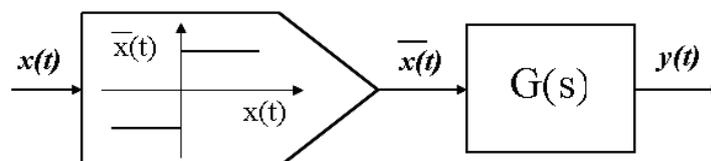


Рис. 1. Структурная схема нелинейной системы