

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ

Предлагается метод и алгоритм расчета оптимальной комплектации конструктивно-функциональных узлов (КФУ) на этапе их сборки. Путем рационального использования комплектующих элементов достигается повышение точности выходного параметра. Рассматриваются примеры случайной и оптимальной комплектации дискового ротора в целях снижения грубой статической неуравновешенности.

1. Актуальность и постановка задачи

Качество работы любого изделия обеспечивается на всех этапах производства: от технического предложения до испытания серийного образца. Важную роль в этом играет технологический процесс сборки как всего изделия, так и отдельно взятого КФУ. К выходным параметрам КФУ предъявляются вполне определенные требования. Их значения зависят от конкретных параметров входящих в КФУ элементов (деталей), которые в пределах производственного допуска являются случайными величинами. Выбор элементов с такими значениями параметров может привести к недопустимому значению выходного параметра КФУ, превышающему его допуск. Для решения этой проблемы на значения параметров элементов можно наложить дополнительные требования в виде более жесткого допуска [1], из-за чего их значительная доля окажется невостребованной. Существует метод селективной сборки, позволяющий решать эту проблему. Вся номенклатура входящих в КФУ элементов проходит входной контроль, где измеряют их параметры и осуществляют групповой подбор совместимых элементов. При этом поступающие на сборку элементы сортируют по группам параметров (в частности, по размерным группам), и из каждой группы выбирают произвольно [2]. Данный метод позволяет снизить затраты на закупку элементов за счет расширения допусков на их параметры. Благодаря этому, метод получил широкое распространение, особенно в машиностроении при сборке двух сопрягаемых деталей. Однако при сборке КФУ, в состав которых входит большее количество элементов, применение традиционной селективной сборки резко усложняется, чем объясняется *актуальность* работы. В качестве примера рассмотрим простейшую функциональную зависимость выходного параметра:

$$Y = f(X_i) = X_1 + X_2 + X_3, \quad (1)$$

где X_1, X_2, X_3 — параметры элементов; i — номер элемента в схеме (электрической, кинематической, гидравлической и т.п.), описывающей работу КФУ.

На рис. 1 показан пример законов распределения указанных параметров. В общем случае они не являются нормальными, что объясняется различными технологическими факторами. Поля допусков разбиты на три интервала. Между интервалами установлены соответствия (указаны стрелками). На рис. 1 показаны различные варианты комплектации КФУ, обеспечивающие требуемое значение ΔY .

С метрологической точки зрения они равнозначны. Однако с экономической стороны предпочтителен последний вариант, так как обеспечивает максимальное количество скомплектованных КФУ. В этом случае соответствующие группы разных элементов наиболее близки друг другу по численности.

Рассмотренный пример свидетельствует о том, что с увеличением количества элементов в КФУ и групп, на которые их разбивают при селективной сборке, задача резко усложняется. Она становится еще сложнее в тех случаях, когда входящий в КФУ элемент характеризуется не одним, а несколькими параметрами, входящими в расчетную формулу. Так, электрические резисторы характеризуются целым набором параметров: сопротивление, паразитная емкость, паразитная индуктивность и т.д. В импульсных схемах эти параметры совместно влияют на форму импульса, время его задержки и т.д. Уровень

шума при работе роликоведущих зависит от зазора между группными поверхностями, которые в свою очередь зависят от диаметра и длины роликов. Неуравновешенность роторов (тел вращения) зависит от массы и положения центра массы каждого элемента (детали).

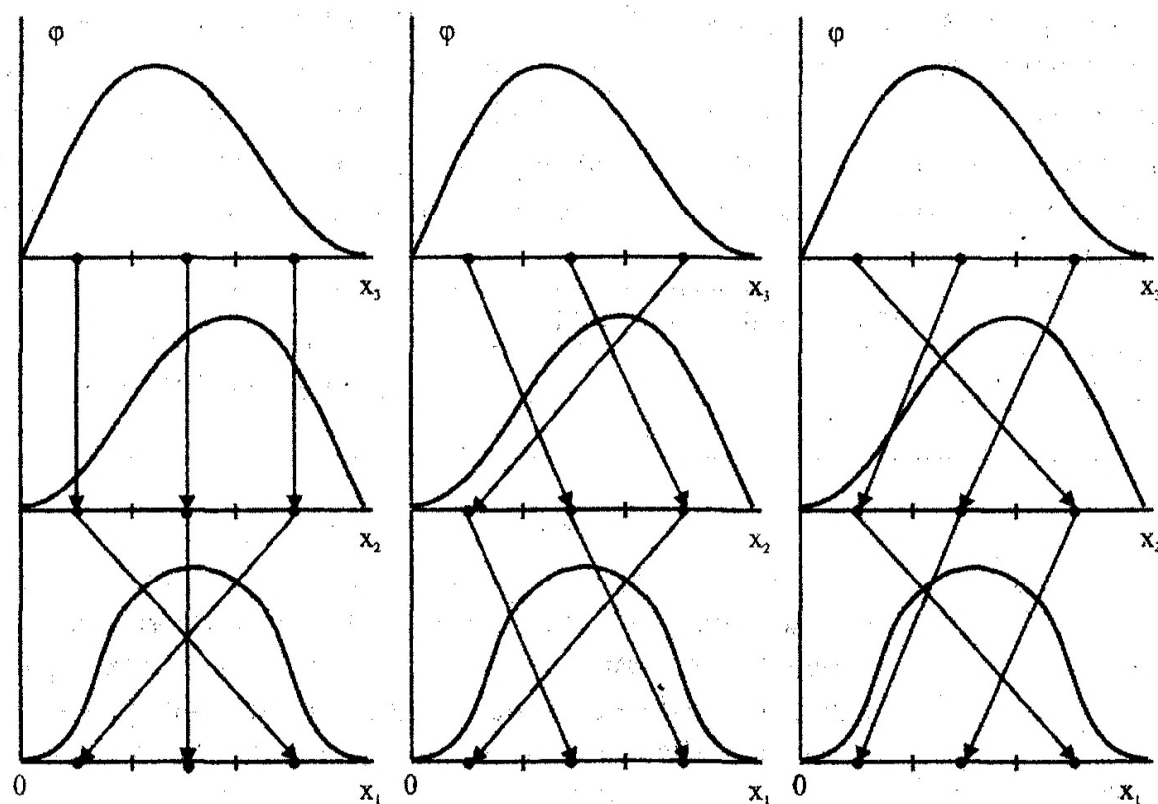


Рис. 1. Законы распределения параметров входящих элементов

Целью исследования является разработка метода комплектации, позволяющего осуществлять сборку КФУ со сложной функциональной зависимостью выходного параметра. В основе метода лежит случайное распределение элементов по КФУ с их последующей целенаправленной перестановкой, при которой осуществляется оптимизация. Целевой функцией могут быть:

- 1) минимальная суммарная погрешность выходного параметра всей партии КФУ;
- 2) максимальное количество скомплектованных КФУ.

Для первого случая алгоритм комплектации разработан в [3]. Для второго случая задача формулируется следующим образом: найти план комплектации F , при котором достигается максимум целевой функции N (выражение (2)) и выполняется ограничение (3):

$$N = \sum_{j=1}^m 1 \rightarrow \max, \quad (2)$$

где j – номер элемента в технологической таре (номер строки в плане комплектации F , см. ниже); m – количество элементов (строк);

$$Y_{\text{доп}}^- \leq Y_j \leq Y_{\text{доп}}^+, \quad (3)$$

здесь $Y_{\text{доп}}^-$ и $Y_{\text{доп}}^+$ – соответственно верхняя и нижняя границы выходного параметра Y_j с учетом заданного допуска.

Решение поставленной задачи сводится к:

- 1) разработке алгоритма комплектации;
- 2) получению экспериментального подтверждения эффективности метода и алгоритма.

2. Метод оптимальной комплектации

Ключевым блоком алгоритма, который реализует данный метод, является выделение из плана комплектации двух строк с максимальным и минимальным значением выходного параметра КФУ и последовательной парной перестановкой элементов. При этом количе-

тельно увеличивается.

Начальный план комплектации представляет собой случайную комбинацию номеров элементов. Каждый столбец (элемент X_1 – элемент X_n) состоит из случайного набора номеров, под которыми элементы хранятся в технологической таре. В алгоритме приняты следующие обозначения: Y_j – значение выходного параметра КФУ; $X_{i,j}$ – значение параметра элемента; n – количество элементов в КФУ; N_k – суммарное количество КФУ, удовлетворяющее заданной точности (см. выражение (3)), K – количество циклов расчета; F_k – план комплектации, полученный на очередном цикле k . План комплектации представлен в виде массива на рис. 2.

Номер КФУ в партии (j)	Номер элемента в партии (i)			Значение выходного параметра КФУ (Y_j)
	Элемент X_1	...	Элемент X_n	

Рис. 2. План комплектации

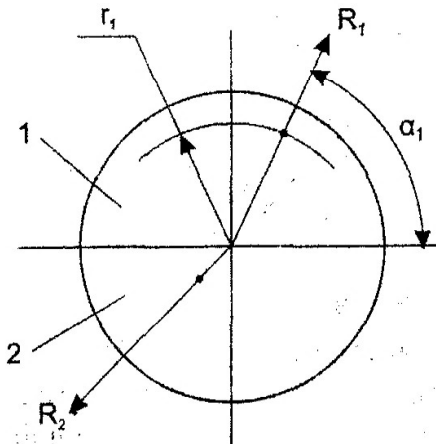


Рис. 3. Упрощенная схема дискового ротора

Алгоритм представлен на рис. 6. В качестве примера рассмотрим результаты комплектации дисковых роторов, состоящих из элементов 1 и 2 (рис. 3). Выходным параметром является статическая неуравновешенность R ротора [4], которая должна находиться в пределах: $0 \dots 0,015 \text{ г} \times \text{см}$:

$$R = \sqrt{M_1^2 r_1^2 + M_2^2 r_2^2 + 2M_1 M_2 r_1 r_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)}, \quad (4)$$

где M_1 и M_2 – соответственно массы элементов 1 и 2 ($M_1 = M_2 = 100 \pm 1 \text{ г}$); r_1 и r_2 – радиусы центра массы ($r_1 = r_2 = 2 \pm 0,05 \text{ см}$); α_1 и α_2 – углы, определяющие положение центра массы относительно выбранной базы.

На рис. 4 и 5 представлены гистограммы законов распределения статической неуравновешенности партии роторов (100 шт.) соответственно при случайной и оптимальной комплектации.

Сравнивая обе гистограммы, приходим к выводу, что среднеквадратическое отклонение уменьшилось примерно в четыре раза.

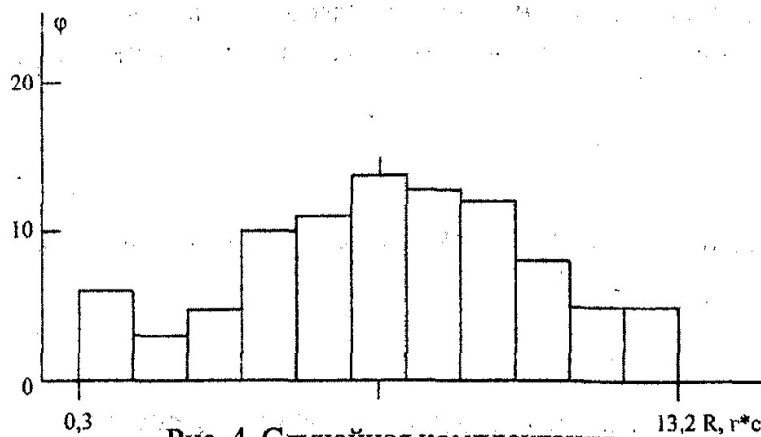


Рис. 4. Случайная комплектация

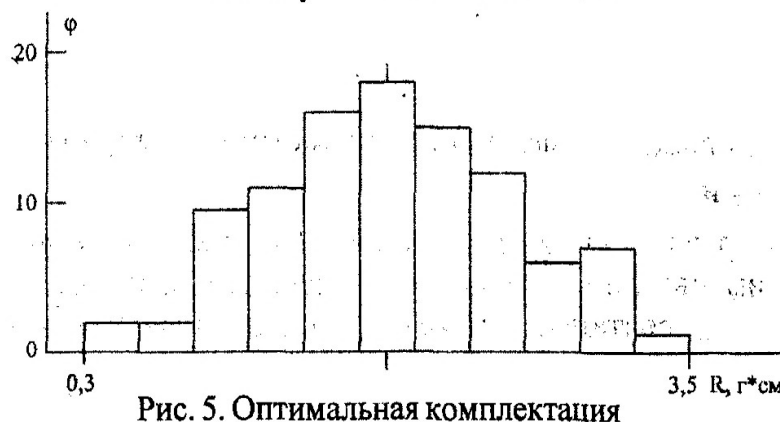


Рис. 5. Оптимальная комплектация

Часто статическая неуравновешенность устраняется высверливанием лишней массы в процессе балансировки. В некоторых случаях это ухудшает работу устройства. Так, при балансировке роторов некоторых электродвигателей высверливают часть магнитного сердечника. Это эквивалентно увеличению немагнитного зазора между ротором и статором, из-за чего снижается КПД двигателя [5]. Несимметричность зазора при вращении ротора вызывает дополнительную вибрацию. Осуществив оптимальную комплектацию перед операцией балансировки, можно существенно снизить статическую неуравновешенность и связанные с ней недостатки.

3. Заключение

Практическая значимость предложенного метода и алгоритма состоит в рациональном использовании комплекту-

вать подстроечные элементы и осуществлять настройку.

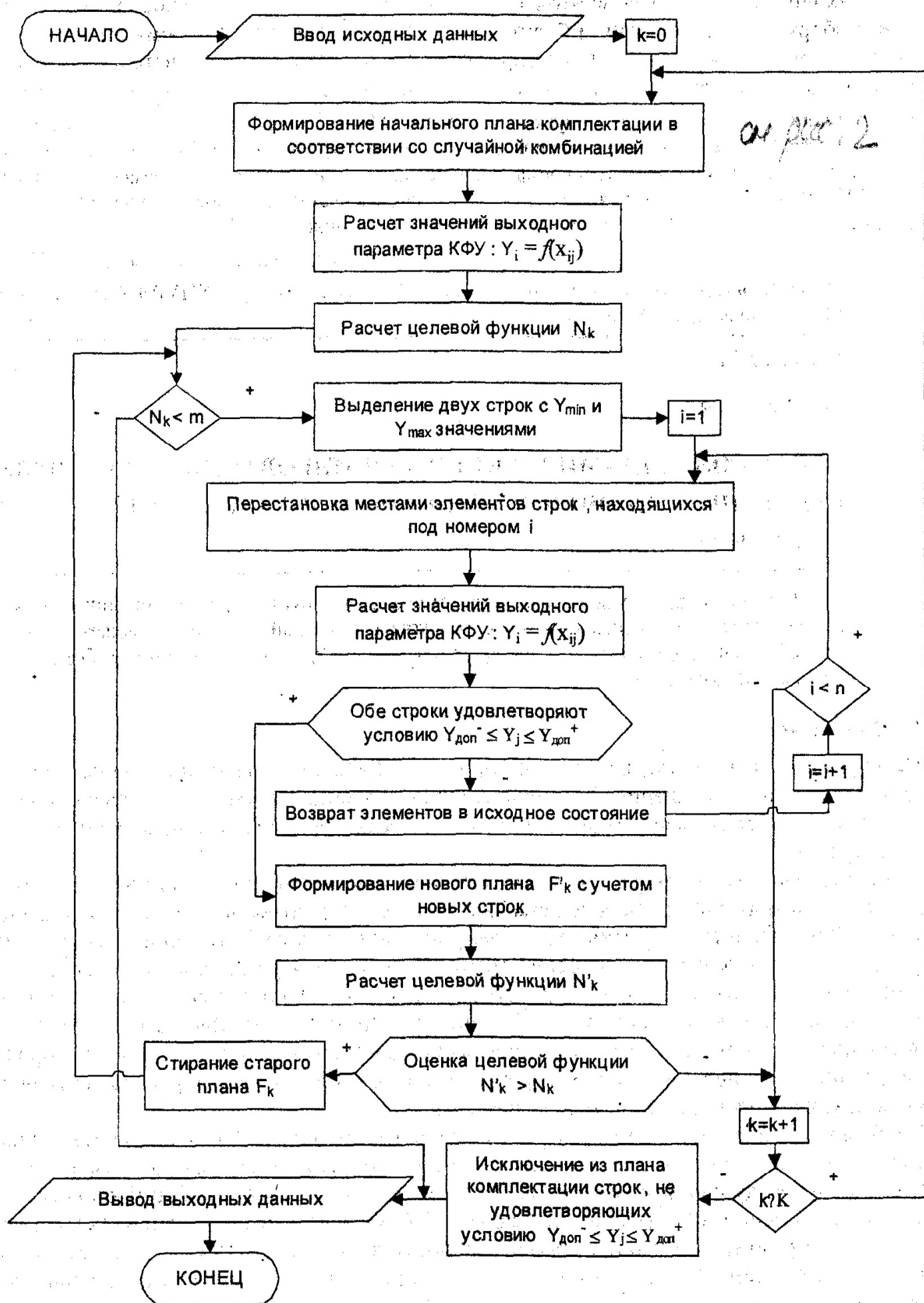


Рис. 6. Алгоритм оптимальной комплектации

Научная новизна состоит в упрощенной селекции элементов для узлов со сложной функциональной зависимостью выходного параметра. При этом последняя может включать одновременно несколько параметров входящих элементов.

также экспериментально. Первый способ является более перспективным с точки зрения производительности, однако требует высокоточной математической модели КФУ и стопроцентного входного контроля элементов. Второй способ требует наличия специального тестирующего оборудования, в котором будут монтироваться элементы на время эксперимента. После этого элементы должны демонтироваться и подаваться на окончательную сборку. Использовать метод экспериментально можно в единичном и мелкосерийном производстве.

Список литературы: 1. *Фомин А. В.* Допуски и посадки в РЭА. М.: Сов. радио., 1973. 128 с. 2. *Буловский П. И.* Автоматизация селективной сборки приборов. Л.: Машиностроение, 1978. 232 с. 3. *Мамонтов А. В.* Оптимальная комплектация конструктивно-функциональных узлов электрорадиоэлементами // Радиотехника. 2001. Вып. 117. С. 125-126. 4. *Левит М. Е.* Балансировка деталей и узлов. М.: Машиностроение, 1986. 248 с. 5. *Кацман М. М.* Электрические машины. М.: Высш. школа. 1983. 432 с.

Поступила в редколлегию 20.02.2006

Мамонтов Александр Викторович, ст. пр. кафедры охраны труда ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

УДК 519.713

О.А.БАКАЕВ

ПРОТОКОЛ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГРУППОВЫХ СЕКРЕТНЫХ КЛЮЧЕЙ В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМАХ

Рассматривается заверенная схема обмена ключа группы для случаев динамического изменения состава группы в специальных сетях, где каждый член группы может присоединиться и/или отсоединиться в любое время, и ключ группы будет изменен без помощи центрального сервера.

1. Введение

Цель: рассмотреть распределительный протокол ID-based согласования ключа, использующий билинейное сложение. Выявить важную особенность схемы, обеспечивающую аутентификацию всех объектов одновременно, при посылке ключа распределения только с одной стороны.

Актуальность: В коммерческом секторе многочисленные инструкции секретности диктуют, что важная информация должна быть защищена от риска нарушения конфиденциальности. Для управлений критические коммуникации должны быть защищены. Практически, защищенная передача сообщений требует комбинации установления подлинности, конфиденциальности (чтобы предотвратить подслушивание) и подписи (чтобы предотвратить вмешательство в содержание сообщения). С огромными проблемами столкнулись все функционирующие системы, пытающиеся обеспечить эти услуги, особенно в вопросах формирования и управления криптографическими ключами, а также вопросах идентификации и подтверждения подлинности пользователей.

Ключевое соглашение – одно из фундаментальных криптографических элементарных вычислений. Такие протоколы позволяют двум или больше субъектам обмениваться информацией между собой по открытой опасной сети и согласовать общий ключ сеанса, который может использоваться для более поздней безопасной коммуникации среди объектов. Таким образом, безопасные ключевые протоколы соглашения служат основным стандартным блоком для того, чтобы создать безопасные, сложные, высокоуровневые протоколы.

Проектирование эффективных ключевых протоколов соглашения и в двусторонних, и в многосторонних (т.е. группа) установках с более низким вычислением и стоимостью коммуникации требует большого внимания. Первая, ведущая работа по ключевому соглашению - протокол Дифи-Хелмана, где впервые появляется шифрование с открытым ключом. Однако основной протокол Дифи-Хелмана не подтверждает подлинность двух объектов коммуникации в том смысле, что активный противник, который управляет каналом, может