

УДК 62-229.316.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СИЛЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

С. А. Щербаков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Методики, посвященные данному вопросу, в учебниках и справочниках предлагают искать решение из условия равновесия заготовки под действием сдвигающих сил и моментов. Складывается впечатление, что всегда решение можно найти, составив систему (1) из шести линейных уравнений, задающих условия неподвижности заготовки:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum P_{iz} = 0; \\ \sum P_{iy} = 0; \\ \sum P_{ix} = 0; \\ \sum M_{iz} = 0; \\ \sum M_{iy} = 0; \\ \sum M_{ix} = 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

где P_{iz}, P_{iy}, P_{ix} – соответствующие проекции сил на оси расчетной системы координат; M_{iz}, M_{iy}, M_{ix} – моменты всех сил относительно соответствующих осей расчетной системы координат.

То есть применить теорему Пуансо о возможности приведения любой системы сил в равновесие приложением одной силы и одного момента. Система шести линейных уравнений (1) позволяет определить только шесть неизвестных, а это количество реакций основных опор при полном базировании. Но в реальных задачах по определению сил закрепления заготовки кроме шести реакций главный интерес вызывают одна или несколько сил закрепления. Решений в них обычно бесконечно много, как из-за того, что число неизвестных превышает число уравнений, так и по другим причинам. На практике часто возникают задачи многократного поиска оптимального решения из множества допустимых, для решения которых не найти рекомендаций ни в учебниках, ни в справочниках.

Предлагаем следующие рекомендации:

1. На основании схемы установки заготовки на операционном эскизе изобразить схему сил, действующих на заготовку при обработке для «наихудшего» случая сочетания силовых и размерных факторов, приводящего к нарушению ее неподвижности. Направления внешних (сдвигающих) сил (резания, инерции, силы тяжести) на заготовку принимают для «наихудшего» случая обеспечения ее неподвижности. Такой случай может быть неочевидным однозначно. Тогда рассматривают несколько и выбирают «наихудший». В схеме сил, действующих на заготовку, направления реакций от опор выбирают перпендикулярно базовым поверхностям заготовки. Направления сил закрепления выбирают перпендикулярно поверхностям заготовки, выбранным для закрепления. Направления сил трения выбирают так, чтобы они были перпендикулярны соответствующим реакциям и силам закрепления и противо-

действовали бы смещению заготовки, для «наихудшего» случая обеспечения ее неподвижности.

2. Определить максимально допустимые точностью обработки значения необходимых сил закрепления заготовки $Q_{\text{MAX}i}$, так как чем больше значения реакций опор и сил закреплений, тем больше деформации и погрешности закрепления обрабатываемых поверхностей. Для операций окончательной обработки, где должна быть обеспечена высокая точность обработки (точнее 8-го качества), определяют допустимые деформации и погрешности закрепления в пределах до $0,3T$ (30 % выдерживаемого допуска). Для операций черновой и промежуточной обработки допустимые деформации и погрешности закрепления могут достигать до $0,5T$ выдерживаемого допуска. По допустимым деформациям и погрешностям закрепления заготовки определяют соответствующие им максимально допустимые силы закрепления заготовки $Q_{\text{MAX}i}$.

3. Не следует искать оптимальную расчетную силу закрепления заготовки на пути формального составления и решения системы шести линейных уравнений (1), так как на практике она часто имеет бесконечное множество решений. А вероятность получить единственное и оптимальное решение невелика.

4. Сравнить схему действующих на заготовку сил со схемами сил, приведенных в справочниках или учебниках, проанализировать совпадения и расхождения этих схем и возможность применения соответствующих формул. Эти действия позволят глубже вникнуть в стоящую проблему, исправить возможные ошибки на схеме сил, понять, как выведена формула, и, возможно, рассчитать необходимую силу закрепления по формуле из справочника, как первое приближение к оптимальному значению.

5. Если схема действующих на заготовку сил не совпадает ни с одной из 22 схем из справочников, не совсем совпадает, или совпадает, но есть сомнения в правильности полученного значения силы закрепления при анализе результата, то следует определять оптимальное решение из множества значений расчетных сил закрепления. Оптимальное решение должно содержать минимальные и достаточные для неподвижности заготовки значения реакций опор и сил закрепления. Это решение следует искать с использованием принципа независимости действия силовых факторов на неподвижную заготовку для одного или нескольких «наихудших» случаев и последующего векторного суммирования результатов раздельного определения расчетных сил закрепления.

Для определения неизвестных значений расчетных сил закрепления и реакций опор следует составить уравнения моментов, в которых сдвигающие факторы создают наибольшие относительно опор моменты, противоположные моментам останавливающих заготовку сил (сил закрепления, трения, реакций опор). При превышении числом неизвестных останавливающих сил количество уравнений моментов, следует присвоить некоторым реакциям, действие которых приводит к увеличению сил закрепления, конкретные значения, например, равные нулю. Универсальной рекомендацией для этого может быть обнуление значений реакций, действие которых может привести к сдвигу заготовки. Реакции опор и силы трения на них должны удерживать заготовку. Если же реакции некоторых опор в уравнениях моментов «помогают» сдвинуть заготовку, то их значения следует обнулить. Возможны случаи, когда заготовку гарантированно удерживают только реакции и силы трения опор, тогда силы закрепления принимают равными нулю, как, например, при протягивании отверстий.

6. Полученные значения и направления реакций опор и расчетных сил закрепления W_i следует проанализировать. Значения результатов в полученном решении могут оказаться противоречащими здравому смыслу. Например, они могут быть отрицательными, т. е. они направлены противоположно направлениям, принятым в схеме силового воздействия на заготовку. Нужно помнить, что большие силы закрепления вызывают большие противодействующие им реакции опор и чрезмерные деформации заготовки. Затем значения расчетных сил закрепления W_i следует умножить на соответствующий условиям обработки коэффициент запаса (K) и сравнить их произведение с Q_{MAX} .

Если $0 \leq W_i K \leq Q_{\text{MAX}}$, то задача решена. В противном случае следует уменьшить значения сдвигающих силовых факторов (изменить режимы обработки для уменьшения сил и моментов резания) и снова выполнить пункты 5 и 6, т. е. повторно определить расчетные и необходимые силы закрепления, удовлетворяющие условиям приведенного выше неравенства.