

УДК 621.9.015

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-1-248-31-34

*Ж. С. Тихонова, П. А. Чегогонов, Е. М. Фролов, Д. В. Крайнев***СИСТЕМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: tikhonovazhs@gmail.com

Предложена адаптивная система, позволяющая анализировать параметры технологического процесса за счет применения датчиков усилия, мощности, крутящего момента. Представлено конструктивное исполнение технологической части предлагаемой системы в виде динамометрической оправки с учетом результатов моделирования и расчета методом конечных элементов в программном пакете SolidWorks.

*Ключевые слова:* сила резания, механическая обработка, параметры технологического процесса, система адаптивного управления, станок с ЧПУ, оправка.

*Zh. S. Tikhonova, P. A. Chemogonov, E. M. Frolov, D. V. Krainev***ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF THE MACHINING PROCESS****Volgograd State Technical University**

An adaptive system is proposed that allows analyzing the parameters of the technological process through the use of sensors of force, power, torque. The design of the technological part of the proposed system in the form of a dynamometric mandrel is presented, taking into account the results of modeling and calculation by the finite element method in the SolidWorks software package.

*Keywords:* cutting force, machining, technological process parameters, adaptive control system, CNC machine, mandrel.

Сила резания, возникающая в процессе механической обработки, является важным параметром процесса резания, поскольку именно она определяет долговечность станка, стойкость режущего инструмента, качество поверхностного слоя обрабатываемой заготовки [1]. Важность контроля (измерения и управления) нагрузки обуславливает ряд факторов: увеличение сил резания в процессе обработки позволяет оценить работоспособность инструмента; зная предельные значения силы резания, возможно обеспечить требуемую точность нежестких (маложестких) деталей; выбирая режимы обработки, можно обеспечить требуемые точность и производительность инструментального материала, которые в том числе зависят от действующих нагрузок на его рабочие поверхности и др., что в совокупности напрямую влияет на производительность и эффективность обработки [1, 2, 3]. В связи с этим, решение задачи, связанной с управлением силой резания для автоматизированного выбора и коррекции режимов резания на токарных станках с ЧПУ, является актуальным направлением исследования.

Авторами предложена адаптивная система, которая за счет применения датчиков усилия,

мощности, крутящего момента позволит анализировать параметры технологического процесса. Закладываемые в систему алгоритмы ориентированы на распознавание перегрузки станка по заданным параметрам и своевременную компенсацию их появления обратной связью с ЧПУ станка путем корректировки режимов резания. Преимуществом системы является возможность одновременного регулирования нескольких (скорость, подача) параметров технологического процесса.

Принцип работы предлагаемой системы заключается в следующем: при превышении силовой нагрузки на рабочий орган станка, система ЧПУ получает цифровой сигнал. Специализированная асинхронная управляющая программа станка запускает процедуру адаптивного контроля [4]. Система ЧПУ снижает подачу и/или обороты шпинделя. В случае, если происходит пересечение предела силовой нагрузки в обратном направлении, то параметры резания регулируются в сторону увеличения до достижения исходного состояния. Производится занесение записи в специализированный протокол о событии [5]. Особенностью предлагаемой системы является ее конструктивное исполнение в виде динамометрической оправки.

На рис. 1 представлен вариант корпуса оправки, хвостовик которой выполнен согласно ГОСТ 24900-81 (DIN69880) для размещения в револьверной голове станков с ЧПУ.

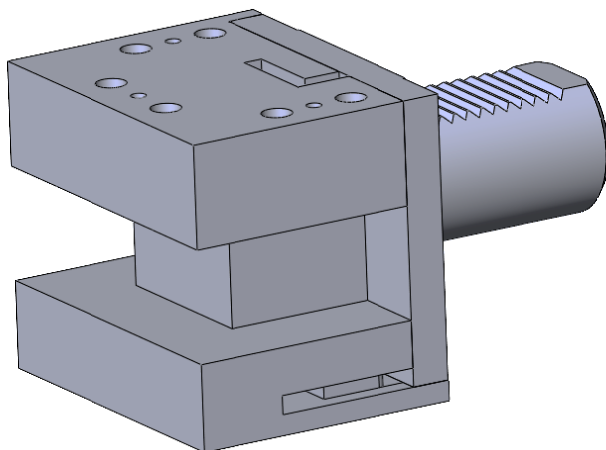


Рис. 1. Корпус динамометрической оправки

При проектировании корпуса оправки использовался программный пакет SolidWorks, который позволяет моделировать твердые тела с последующим их расчетом на прочность, что позволяет в процессе проектирования вносить

изменения в конструкцию, учитывая прочностной анализ.

На первом этапе спроектирована геометрия оправки для токарного станка с ЧПУ VDI 40. Оправка имеет специальные герметизированные полости, в которых размещены тензодатчики. Каждая из полостей спроектирована таким образом, что размещенный в ней датчик позволяет снимать показания усилий резания по каждому из направлений  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$ .

На втором этапе проведен анализ на прочность, включающий наложение ограничений (фиксацию геометрии, приложение усилий), построение сетки, получение результатов анализа.

Таким образом, конструкция жестко зафиксирована в области хвостовика оправки, имитируя его расположение в револьверной голове токарного станка с ЧПУ (рис. 2). По каждому из направлений  $x$ ,  $y$ ,  $z$  приложены усилия  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$ , в Ньютонах. При моделировании использовался резец токарный для наружного точения *PDJNR2020-K15*.

При проведении эксперимента величина приложения усилий варьировалась для оптимального выбора места расположения измерительных модулей в предлагаемой конструкции.

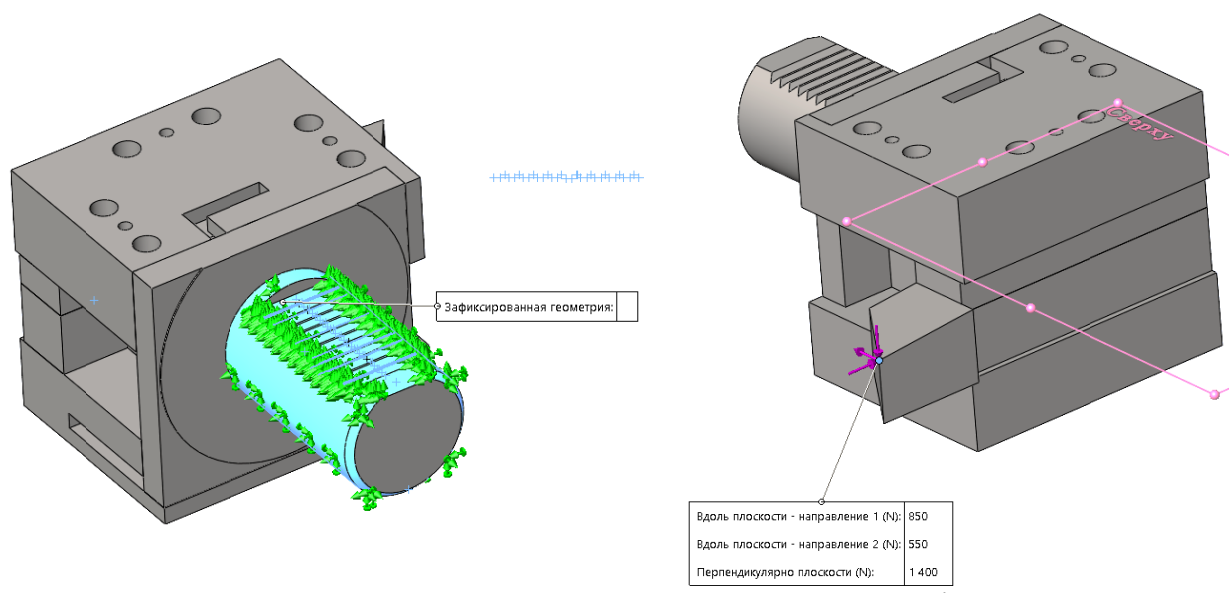


Рис. 2. Расчетная модель оправки

Далее расчетная модель разбивалась на некоторое число геометрических элементов для

генерирования конечно-элементной модели (рис. 3).

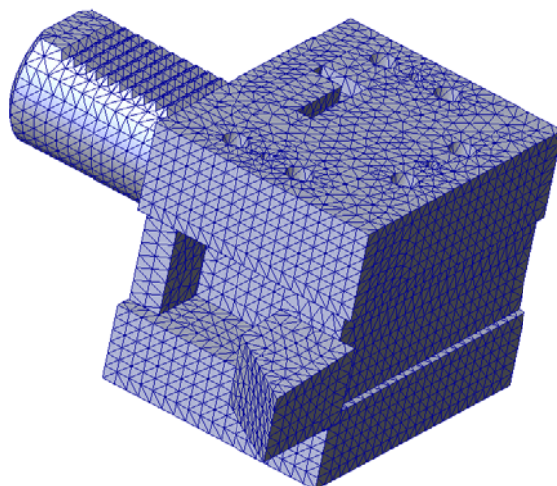


Рис. 3. Конечно-элементная модель оправки

На рис. 4 представлены результаты моделирования.

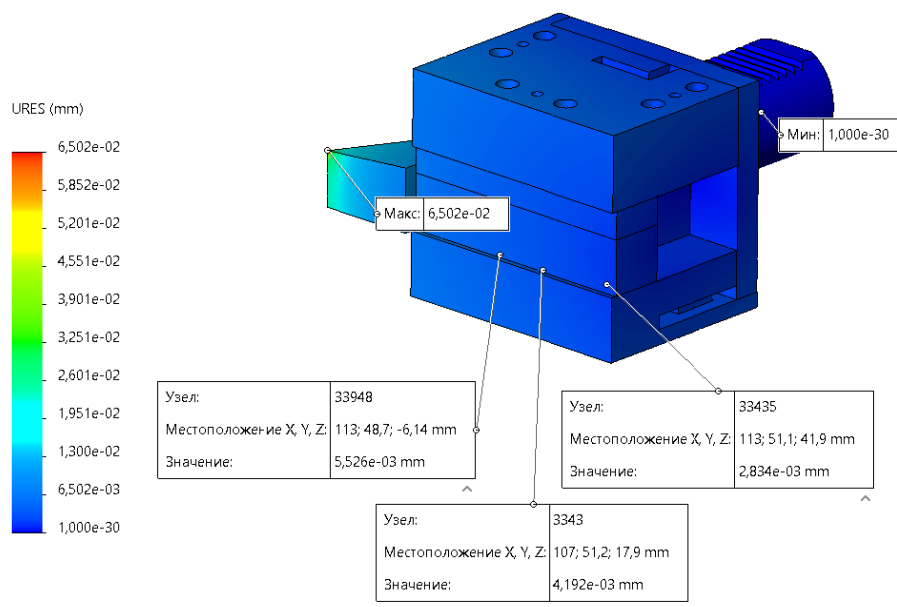


Рис. 4. Результаты моделирования

В результате применения метода конечных элементов установлено, что микроперемещения элементов оправки в зонах предполагаемой установки измерительных модулей достаточны для фиксации сил резания, возникающих при токарной обработке. Таким образом, предлагаемая оправка с функцией измерения силовых параметров процесса резания может стать основой технологической части системы адаптивного управления процессом механической обработки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безязычный, В. Ф. Динамометрическая система для измерения силы резания при точении / В. Ф. Безязычный, А. В. Кордюков, М. В. Тимофеев, Р. Н. Фоменко // СТИН. – 2014. – № 7. – С. 29–30.
2. Фролов, Е. М. Cyber-Physical Machining Systems Based on Commercial CNC Equipment [Электронный ресурс] / Е. М. Фролов, Д. В. Крайнев, Ж. С. Тихонова // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (Sochi, Russia, 9-16 September, 2018) / Institute of Electrical and Electronics Engineers, South Ural State University (national research university), IEEE Russia Siberia Section, IEEE Russia Section, South Ural IEEE Chapter. – [Publisher: IEEE Xplore], 2018. – 4 p. – DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501684.
3. Фролов, Е. М. Адаптация метода управления режимами резания к промышленным условиям / Е. М. Фролов, Э. А. Корзун, Ж. С. Тихонова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 2 (212) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 53–55
4. The reliability improvement of CNC machining centers due to on-line diagnostics of the cutting process [Электронный ресурс] / Д.В. Крайнев, А.С. Сергеев, Ж.С. Тихонова,

Куанг Чонг Нго // 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) (St. Petersburg, Russia, 24-26 May 2017) : Conference Proceeding / ed. by S. Shaposhnikov. – [Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE)], 2017. – P. 627-629. – DOI: 10.1109/SCM.2017.7970670.

5. Оперативная диагностика как средство повышения надежности функционирования систем ЧПУ / Д. В. Крайнев, Ж. С. Тихонова, А. А. Кожевникова, Д. С. Дубовова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 12 (207) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 18–20.