

УДК 621. 833

Васильченко Т. А.

ОБЛАСТЬ РАЦИОНАЛЬНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНОГО ПРИВОДА КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ

Все большее распространение в приводах кривошипных прессов получили планетарные механизмы, которые с одной стороны выступают звеном системы включения, а с другой служат для редуцирования угловой скорости и крутящих моментов.

В приводах средних и крупных прессов, имеющих большие передаточные отношения (свыше 10), наряду с планетарным редуктором присутствует дополнительно зубчатая передача. Эффективность работы данной системы включения обеспечивается лишь при оптимальном выборе ее параметров при удовлетворении следующих условий (критериев) оптимальности [1]:

1. Наименьший вес планетарного редуктора, промежуточной зубчатой передачи и всего привода в целом – критерий R_G .
2. Наименьший расход энергии на включение и остановку главного исполнительного механизма (ГИМа) – критерий R_A .

Таким образом, оптимизация параметров привода представляет собой двухкритериальную многопараметрическую задачу условной оптимизации, решение которой возможно специальными методами.

Зависимости для определения критериев оптимальности представлены в публикациях [2, 3]. Варьируемыми параметрами являются передаточное число зубчатой передачи i_z и кинематический параметр планетарного редуктора p , равный передаточному отношению привода при остановленном водиле, при условии:

$$i_z \cdot p = i_o \quad , \quad (1)$$

где i_o – общее передаточное отношение.

На рис. 1 показана зависимость критерия оптимальности суммарного веса двухступенчатого привода при разных значениях варьируемых параметров.

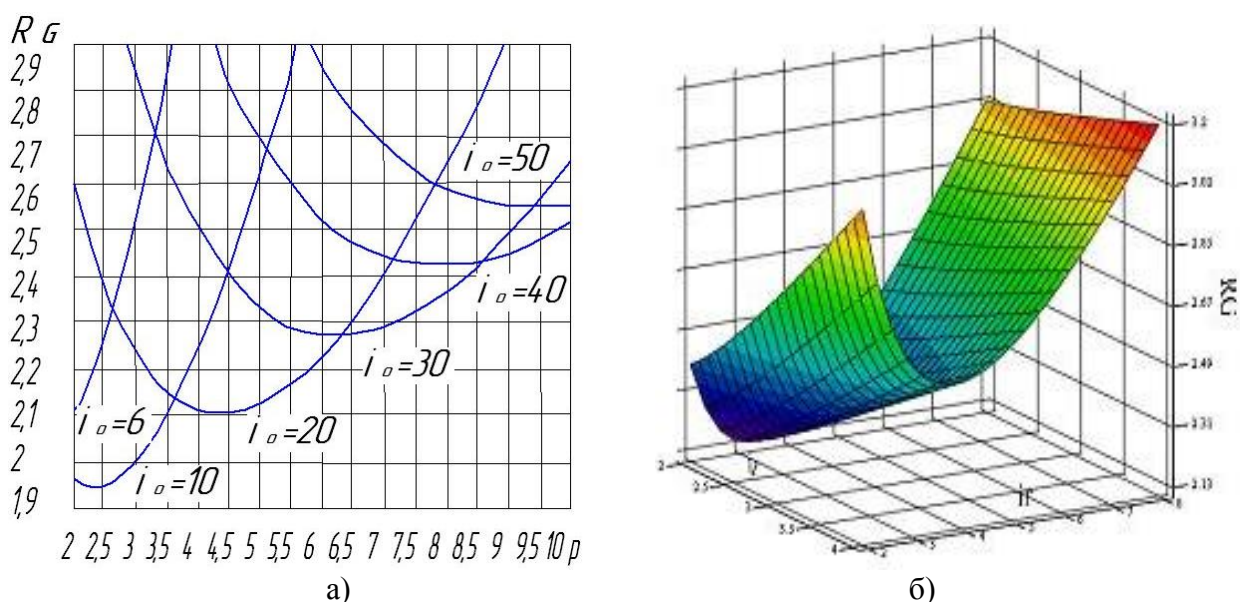


Рис. 1. Зависимость общего критерия оптимальности R_G от параметра p и передаточного отношения:

а) общего i_o ; б) зубчатой передачи i_z

Зависимость критерия оптимальности R_A от параметра p при общем передаточном отношении i_o представлена на рис. 2.

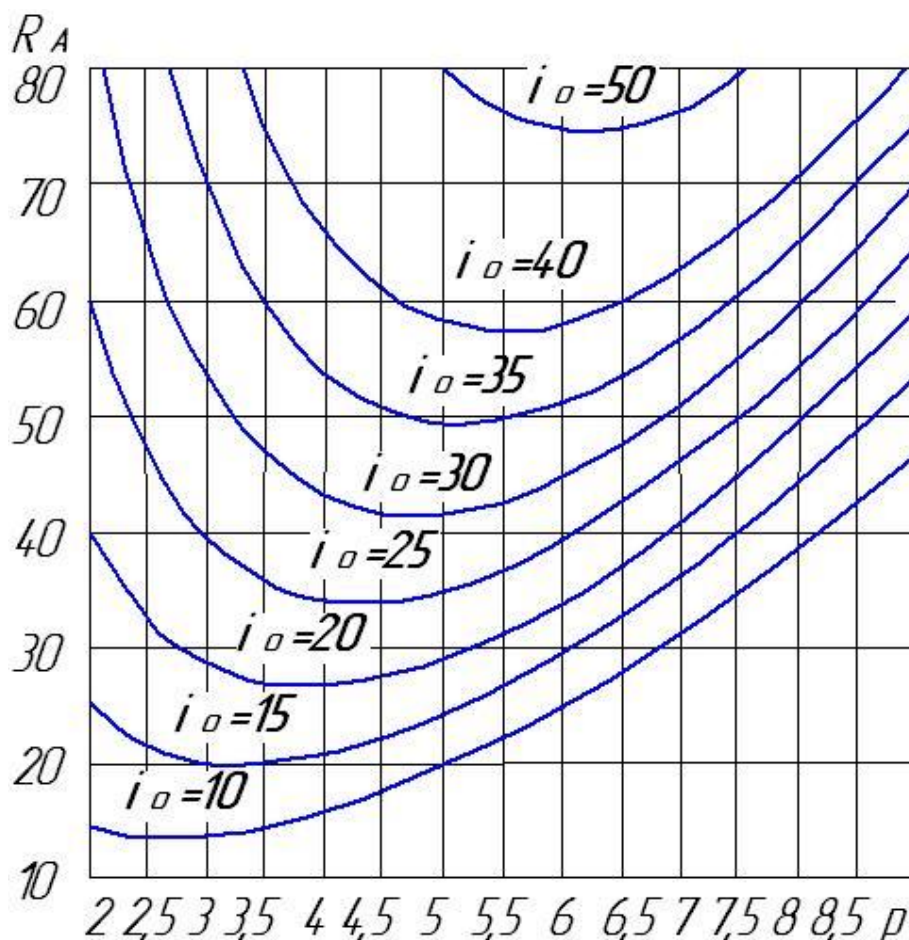


Рис. 2. Зависимость критерия R_A от параметра p при заданном i_o

Анализ результатов оптимизации параметров привода по двум критериям оптимальности R_G и R_A , показывает, что при заданном общем передаточном отношении привода i_o минимальное значение обоих критериев достигается при различных сочетаниях варьируемых параметров i_z и p . Только при $i_o \approx 14$ оптимальные значения передаточного отношения i_z и параметра p совпадают для обоих критериев оптимальности.

Целью данной статьи является разработка области рационального существования привода для оценки увеличения каждого критерия.

Для обоих критериев оптимальности решена задача оптимизации параметров при отклонении искомого критерия от минимального значения R_{jmin} на заданную величину ΔR . Выбран диапазон отклонения критериев на 2,5; 5; 10; 15 и 20 %.

Вначале для заданного общего передаточного отношения i_o (в диапазоне i_o от 10 до 50) определены параметры i_{zmin} и p_{min} , обеспечивающие наименьшие значения критериев R_{Gmin} и R_{Amin} . Полученные зависимости, показывающие комбинации оптимальных значений варьируемых параметров, обеспечивающие наименьшие значения критериев оптимальности, представлены на рис. 3.

Далее найденное минимальное значение каждого критерия оптимальности R_{jmin} для определенного общего передаточного отношения увеличивалось на величину приращения ΔR , и находились значения параметра p , обеспечивающие минимальное значение критерия $R_{jmin} + \Delta R$. Для этой цели выполнялось решение нелинейного уравнения:

$$R_j(p, i_o) - (1 + \Delta R)R_{jmin}(p_{min}; i_o) = 0. \quad (2)$$

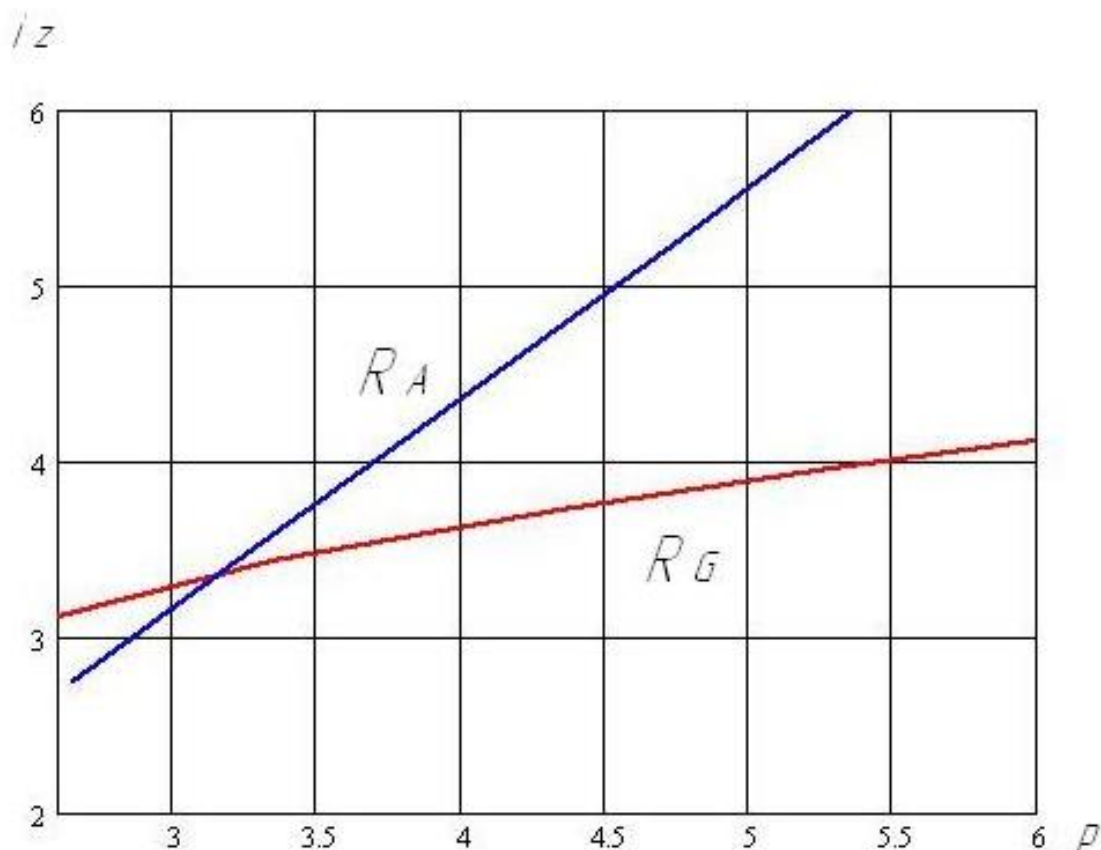


Рис. 3. Комбинации варьируемых параметров, обеспечивающих минимальные значения критериев оптимальности

Решение уравнения (2) выполнялось численным методом, требующим указания начального приближения аргумента. Тогда, задавая начальное приближение параметра p больше и меньше p_{min} , найдено два значения параметра p , обеспечивающих величину критерия оптимальности, равную $R_{jmin} + \Delta R$. В итоге получено семейство кривых, определяющих значения параметра p , обеспечивающего величину критерия оптимальности R_{jmin} , увеличенного на ΔR . Ограничивая предельные значения параметра величинами 2 и 8, а предельные значения общего передаточного отношения величинами 10 и 50, получена замкнутая область, показывающая степень превышения каждого критерия оптимальности при отклонении значения параметра от оптимального. Такая область названа областью рационального существования планетарного привода и показана на рис. 4. В технической литературе подобные графические представления области рационального существования параметров называют ограничивающие контуры, блокирующие контуры и т. д.

Указанные графики позволяют оценить величину превышения каждого из критериев оптимальности при выборе передаточного отношения зубчатой передачи i_z или параметра редуктора p , не обеспечивающих абсолютный минимум критерия при заданном общем передаточном отношении i_o .

На рисунке видно, что наименьшие значения критериев оптимальности обеспечиваются при $i_o = 14,04$, что соответствует значению параметра $p = 3,16$ и передаточному отношению $i_z = 3,375$. При всех других комбинациях значений i_z и p возможно достижение минимального значения только одного из критериев. На рис. 2 показан пример для $i_o = 30$. Если принять значение $p = 6,25$ (точка K_1 , где $i_z = 4,8$), обеспечивается минимальное значение критерия оптимальности R_A , но критерий R_G оказывается завышенным на 6 %. Если же принять $p = 6,2$ (точка K_2 , где $i_z = 4,84$), обеспечивается минимальное значение критерия оптимальности R_G , но критерий R_A оказывается завышенным на 13%.

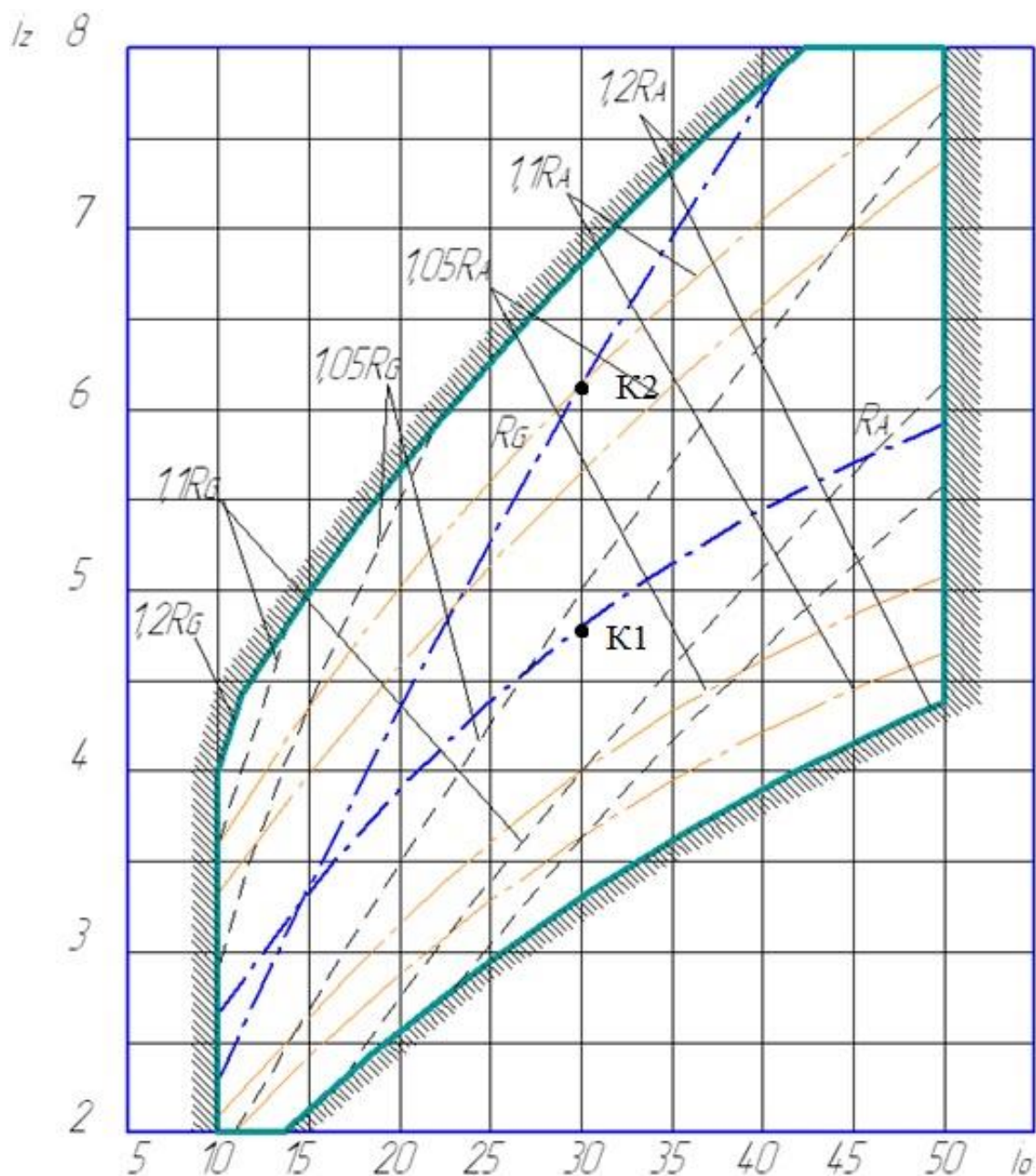


Рис. 4. Область рационального существования планетарного привода

При общем передаточном отношении i_0 больше 42 в области допустимых значений параметра p не обеспечивается минимум критерия при любых сочетаниях варьируемых параметров i_z и p .

ВЫВОДЫ

Ограниченная область зависимости оптимального передаточного отношения зубчатого привода по массе и расходе энергии определяет область рациональных параметров привода в целом. Одновременное удовлетворение обоих критериев оптимальности невозможно, поэтому для оценки увеличения каждого критерия оптимальности разработана область рационального существования привода. Представлен ряд дополнительных кривых, показывающих степень увеличения одного из критериев, если второй выбирается по оптимальному значению. Ограничивая предельное увеличение значением 20%, получена замкнутая область, названная областью рационального существования, внутри которой параметры привода обеспечивают ухудшение любого критерия не более, чем на 20 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серета Б. П. Системи включення кривошипних пресів: аналіз існуючих та перспективних конструкцій // Б.П. Серета, Т.А. Васильченко, Г.В. Глебенко // *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. – Дн-вск., ПГАСА, 2010. – Вып.54. – С. 51–55.*
2. Оптимизация параметров планетарного привода кузнечно-прессовых машин / Б.П. Серета, А.В. Явтушенко, Т.А. Васильченко, А.В. Глебенко // *Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 1(20). – С. 306–311.*
3. Серета Б.П. Минимизация расхода энергии на включение и остановку главного исполнительного механизма КПП / Б.П. Серета, Т.А., Васильченко // *Вісник НТУ «ХПИ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПИ», 2009. – №31. – С.22–25.*
4. Определение работы включения кривошипных прессов с планетарным приводом / А.В. Явтушенко, Б.П. Серета, Т.А.Васильченко, А.В. Глебенко // *Вісник національного технічного університету України КПУ. Серія машинобудування. – К.:НТУУ «КПУ», 2011. – С. 134–136.*

REFERENCES

1. Sereda B. P. Sistemi vkljuchennja krivoshipnih presiv: analiz isnujuchih ta perspektivnih konstruk-cij // B.P. Sereda, T.A. Vasil'chenko, G.V. Glebenko // *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie: sb. nauch. trudov. – Dn-vsk., PGASA, 2010. – Vyp.54. – S. 51–55.*
2. Optimizacija parametrov planetarnogo privoda kuznechno-pressovyh mashin / B.P. Sereda, A.V. Javtushenko, T.A. Vasil'chenko, A.V. Glebenko // *Obrabotka metallov davleniem: sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk : DGMA, 2009. – № 1(20). – S. 306–311.*
3. Sereda B.P. Minimizacija rashoda jenerгии na vkljuchenie i ostanovku glavnogo ispolnitel'nogo mehanizma KPM / B.P. Sereda, T.A., Vasil'chenko // *Visnik NTU «HPI». Zbirnik naukovih prac'. Tematicnij vipusk: novi rishennja v suchasnih tehnologijah. – Harkiv : NTU «HPI», 2009. – №31. – S.22–25.*
4. Opredelenie raboty vkljuchenija krivoshipnyh pressov s planetarnym privodom / A.V. Javtushenko, B.P. Sereda, T.A.Vasil'chenko, A.V. Glebenko // *Visnik nacional'nogo tehničnogo universitetu Ukraїni KPI». Serija mashinobuduvannja. – K.:NTUU «KPI», 2011. – S. 134–136.*

Васильченко Т. А. –канд. техн. наук, доц. каф. МО ЗГИА

ЗГИА – Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье.

E-mail: pepipp@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.03.2016 г.