DOI 10.52209/1609-1825_2024_1_25 УДК 621.9.06

Регулирование технологических скоростей

[1]***САХЫБАЕВ Ратбек Телгараевич,** *докторант, Sakhybayev@mail.ru,*
[1]**КОЙАЙДАРОВ Бортан Абаевич,** *к.т.н., доцент, kaf_mim206@mail.ru,*
[1]НАО «Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати», ул. Сулейменова, 7, Тараз, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *В зависимости от требования технологии и операторного фактора рабочие скорости технологических машин могут изменяться в различных интервалах. Предложено различать малый и большой диапазоны изменения технологической скорости относительно диапазона регулирования вариатора. Если диапазон изменения скорости выходит за пределы диапазона регулирования вариатора, тогда это будет большой диапазон, а в противном случае – малый диапазон. Рабочая скорость технологической машины может изменяться ступенчато или бесступенчато. Ступенчатое регулирование скорости осуществляют при помощи коробки скоростей, а бесступенчатое регулирование – при помощи вариатора. Технологическую скорость в большом диапазоне рекомендуется бесступенчато регулировать с применением вариатора и коробки скоростей, а в малом диапазоне – с применением вариатора и редуктора. Предлагается клиноременный вариатор со стандартным приводным клиновым ремнем, определены основные задачи его разработки.*

Ключевые слова: *технологическая машина, скорость, диапазон, технология, оператор, вариатор, ступенчатое регулирование, бесступенчатое регулирование.*

Введение

Качество и производительность технологических операций зависят от рабочих скоростей технологических машин. Поэтому выбор оптимальных технологических скоростей и практическая их реализация – важные задачи производства [1].

В технологических машинах, выполняющих технологические операции в разных режимах, рабочую скорость изменяют в предусмотренных технологией диапазонах.

В машиностроении число оборотов шпинделей универсальных металлорежущих станков регулируют по закону геометрической прогрессии. Например, число оборотов шпинделя винторезного токарного станка модели 1К62 изменяют в интервале 12,5÷2000 об/мин, при этом шпиндель может совершать 23 различных варианта числа оборотов, предусмотренных технологией [2,3].

Диапазон изменения числа оборотов шпинделя станка 1К62

$$C_{ш} = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{2000}{12,5} = 160.$$

В таком большом диапазоне технологическую скорость изменяют ступенчато. По этой причине станок 1К62 имеет сложную кинематическую конструкцию [2].

В промышленности есть технологические машины, где технологическая операция выполняется с прямым участием оператора. Например, некоторые технологические машины обувного и швейного производства [4].

В таких машинах качество технологической операции зависит от согласованности технологической скорости машины с рабочей скоростью оператора. Кроме того, такие машины влияют на скорость технологического конвейера, если они работают в составе механизированной поточной системы.

Обсуждение

Оператор в начале и конце производственной смены имеет пониженную рабочую скорость. Поэтому оператору в начале смены нужно время для постепенного перехода на расчетную технологическую скорость, а в конце смены, из-за усталости, он теряет рабочую скорость, в связи с этим, технологическую машину переключают на пониженную рабочую скорость.

Поэтому, для того чтобы принимать во внимание операторный фактор, в технологической машине надо предусмотреть возможность изменения рабочей скорости в определенном интервале

$$V = V_T^I \div V_T, \qquad (1)$$

где V – рабочая скорость оператора;

V_T^I – нижняя предельная рабочая скорость оператора;

V_T – расчетная технологическая скорость.

Способы изменения рабочей скорости технологической машины, предложенные для устранения влияния операторного фактора, приведены на рисунке 1.

Первый способ (рисунок 1,а) предусматривает одноступенчатый переход от предельной нижней рабочей скорости оператора (V_T^I) на расчетную технологическую скорость (V_T).

Этот режим не может устранять влияние операторного фактора, так как не было постепенного перехода оператора на разные рабочие скорости. Для осуществления этого режима в приводе технологической машины должно быть устройство одноступенчатого регулирования скорости.

Второй способ (рисунок 1,б) предусматривает постепенный ступенчатый переход от предельной нижней рабочей скорости оператора (V_T^I) на расчетную технологическую скорость (V_T).

Этот режим устраняет влияние операторного фактора, так как оператор на расчетную технологическую скорость переходит постепенно повышая свою рабочую скорость. Для реализации этого режима в приводе технологической машины необходимо предусмотреть многоступенчатое регулирование скорости.

Третий способ (рисунок 1,в) предусматривает бесступенчатый переход от предельной нижней рабочей скорости оператора (V_T^I) на расчетную технологическую скорость (V_T).

Этот режим устраняет влияние операторного фактора, так как позволяет оператору переходит на расчетную технологическую скорость (V_T) постепенно повышая свою рабочую скорость. Для реализации этого режима в приводе технологической машины необходимо предусмотреть бесступенчатое регулирование скорости в интервале $V_T^I \div V_T$.

Таким образом, рабочая скорость технологической машины, в зависимости от требования технологии или операторного фактора, может изменяться ступенчато или бесступенчато в малом или большом диапазонах.

Ступенчатое регулирование скорости осуществляют при помощи коробки скоростей, а бесступенчатое регулирование – при помощи вариатора [2, 5].

Диапазон изменения скорости может быть малым или большим, если сравнить его с диапазоном регулирования вариатора. При этом, если диапазон изменения скоро-

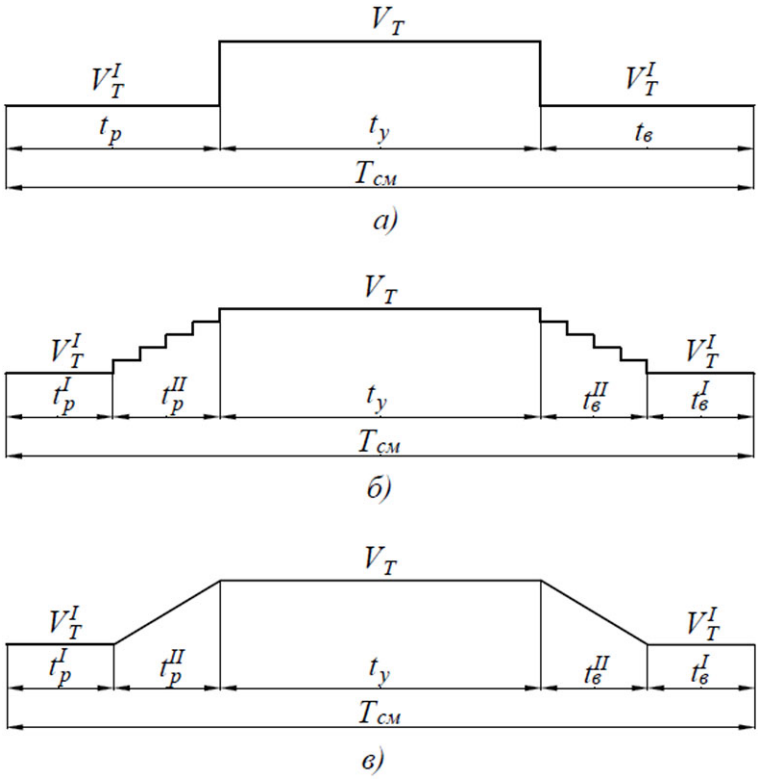

Рисунок 1 – Способы регулирования технологической скорости

сти выходит за пределы диапазона регулирования вариатора, тогда это будет большой диапазон, а в противном случае – малый диапазон.

Недостатки ступенчатого регулирования скорости при помощи коробки скоростей: невозможность получения любой скорости в диапазоне регулирования; сложность кинематической конструкции коробки скоростей [2].

Научные результаты

В связи с этим, для регулирования скорости в большом диапазоне рекомендуется совместно использовать ступенчатый и бесступенчатый способы изменения скорости [6, 7].

Структурная схема привода технологической машины для бесступенчатого регулирования скорости в большом диапазоне показана на рисунке 2. Она состоит из электродвигателя (1), вариатора (2), коробки скоростей (3) и технологической машины (4).

Привод при помощи коробки скоростей (3) делит диапазон изменения технологической скорости на интервалы с учетом диапазона регулирования вариатора, а в интервалах нужную скорость выдает вариатор. Преимущества предложенного способа: число ступеней коробки скоростей сокращается, так как при делении диапазона изменения скорости на диапазон регулирования вариатора число интервалов изменения скорости будет небольшое; упрощается кинематическая конструкция машины; можно получить любую скорость в намеченном диапазоне.

Структурная схема привода технологической машины для бесступенчатого регулирования скорости в малом диапазоне показана на рисунке 3. Она состоит из электродвигателя (1), вариатора (2), редуктора (3) и технологической машины (4).

Передаточное отношение привода такой машины

$$U = U_в \cdot U_p, \qquad (2)$$

где $U_в$ – передаточное отношение вариатора;

U_p – передаточное отношение редуктора.

Передаточное отношение вариатора изменяется в интервале

$$U_в = 1 \div U_{вmax}.$$

При $U_в = 1$ привод имеет минимальное передаточное отношение

$$U = U_{min} = U_p = \frac{n_{дв}}{n_{Tmax}}, \qquad (3)$$

где $n_{дв}$ – число оборотов электродвигателя, об/мин;

n_{Tmax} – максимальное число оборотов главного вала технологической машины, об/мин.

При $U_в = U_{вmax}$ привод имеет максимальное передаточное отношение

$$U = U_{max} = U_{вmax} \cdot U_p = \frac{n_{дв}}{n_{Tmax}}, \qquad (4)$$

где $U_{вmax}$ – максимальное передаточное отношение вариатора;

n_{Tmin} – минимальное число оборотов главного вала технологической машины, об/мин.

Таким образом, для бесступенчатого регулирования рабочих скоростей технологических машин нужен вариатор.

Из механических вариаторов рекомендуется выбирать клиноременный вариатор, так как он имеет простую конструкцию, работает бесшумно и надежно, имеет достаточный диапазон регулирования [6, 7].

Однако клиноременный вариатор со специальным широким клиновым ремнем имеет существенные недостатки: зависимость диапазона регулирования от ширины специального клинового ремня; быстрый износ ремня; сравнительно высокая стоимость специального широкого клинового ремня [8].

В связи с этим, предлагается создать клиноременный вариатор на основе стандартного приводного клинового ремня. Однако для этого требуется решить следующие задачи:

1. Применение стандартного приводного клинового ремня при конструировании вариатора.

2. Разработка способа изменения диаме-

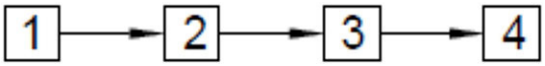

Рисунок 2 – Структурная схема привода технологической машины для бесступенчатого регулирования скорости в большом диапазоне

Рисунок 3 – Структурная схема привода технологической машины для бесступенчатого регулирования скорости в малом диапазоне

тра шкива приводного клинового ремня.

3. Найти способ регулирования при работе вариатора.

4. Определение внутренних закономерностей вариатора с приводным клиновым ремнем.

5. Разработка методики проектирования вариатора со стандартным приводным клиновым ремнем.

Выводы

1. В промышленности рабочие скорости технологических машин изменяют в разных интервалах, предусмотренных технологией или операторным фактором.

2. На многорежимных технологических машинах рабочие скорости изменяют в большом диапазоне.

3. Предложен бесступенчатый способ регулирования скорости в большом диапазоне с применением вариатора и коробки скоростей.

4. Для исключения влияния операторного фактора предложены ступенчатые и бесступенчатые способы регулирования рабочих скоростей технологических машин.

5. Разработана структурная схема привода технологической машины для бесступенчатого регулирования скорости в малом диапазоне с применением вариатора и редуктора.

6. Для технологических машин предлагается создать клиноременный вариатор со стандартным приводным клиновым ремнем, определены основные этапы его разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Podgornyj Y., Martynova T., Skeeba V. On the issue of limiting the irregular motion of a technological machine within specified limits. Metal Working and Material Science, 24 (2), pp. 66-77.
2. Черпаков Б.И., Альперович Т.А. Металлорежущие станки: учебник для нач. проф. образования. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с.
3. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 352 с.
4. Машины и аппараты легкой промышленности: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Сторожев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
5. Podrigalo M. et al. Energy Efficiency of Vehicles with Combined Electromechanical Drive of Driving Wheels. – SAE Technical Paper, 2020. – № 2020-01-2260.
6. Койайдаров Б.А., Койайдаров А.Б. Способ регулирования числа оборотов шпинделя металлорежущего станка. Инновационный патент № 20998.
7. Қойайдаров Б.А., Сапарова Н.Ж., Қойайдаров А.А. Технологиялық машиналарға реттелетін механикалық жетек. – Тараз: Журнал «Механика және технологиялар». 2020. № 2.
8. Проектирование механических передач: учеб. пособие для втузов/ Чернавский С.А., Снесарёв Г.А., Козинцов Б.С. и др.; Под общ. ред. Козинцова Б.С., Козинцова М.Б. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2013. – 535 с.

Технологиялық жылдамдықтарды реттеу

[1]***САХЫБАЕВ Рәтбек Телғараұлы,** докторант, Sakhybayev@mail.ru,*
[1]***ҚОЙАЙДАРОВ Бортан Абайұлы,** т.ғ.к., доцент, kaf_mim206@mail.ru,*
[1]*«М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» КеАҚ, Сүлейменов көшесі, 7, Тараз, Қазақстан,*

**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Технологиялық машиналардың жұмысшы жылдамдықтарын, технологияның немесе операторлық фактордың талабына байланысты, әртүрлі арналарда өзгертеді. Технологиялық жылдамдықтың өзгеруінің кіші және үлкен арналарын вариатордың реттеу арнасына қатысты анықтау әдісі ұсынылған. Егер, жылдамдықты тек вариатормен реттеуге болатын болса, онда ол кіші арнада өзгереді, ал егер болмайтын болса, онда жылдамдық үлкен арнада өзгереді. Технологиялық машиналардың жұмысшы жылдамдығы сатыланып*

немесе сатыланбай реттелуі мүмкін. Жылдамдықты сатылап реттеуді жылдамдықтар қорабымен, ал сатыламай реттеуді вариатормен орындайды.Үлкен арнадағы технологиялық жылдамдықты вариатор мен жылдамдықтар қорабын қолданып сатыламай реттеу, ал кіші арнада – вариатор мен редукторды қолданып реттеу ұсынылады. Технологиялық машиналарға стандартты жетектік сына белдікті вариатор құру ұсынылған, оны құрудың негізгі мәселелері анықталған.

Кілт сөздер: *технологиялық машина, жылдамдық, арна, технология, оператор, вариатор, сатылап реттеу, сатыламай реттеу.*

Regulation of Technological Speeds

[1]***SAKHYBAYEV Ratbek,** Doctoral Student, Sakhybayev@mail.ru,*
[1]***KOIAIDAROV Bortan,** Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, kaf_mim206@mail.ru,*
[1]NCJSC «M.Kh. Dulaty Taraz Regional University», Suleymenov Street, 7, Taraz, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Depending on the requirements of the technology and the operator factor, the operating speeds of technological machines can vary in different intervals. It is proposed to distinguish between small and large ranges of technological speed changes relative to the variator control range. If the range of speed changes goes beyond the control range of the variator, then it will be a large range, and otherwise it will be a small range. The working speed of the technological machine can be changed stepwise or continuously. Step-by-step speed control is carried out using a gearbox, and stepless regulation is carried out using a variator. The technological speed in a large range is recommended to be steplessly adjusted using a variator and a gearbox, and in a small range – using a variator and a gearbox. A V-belt variator with a standard V-belt drive is proposed, the main tasks of its development are defined.*

Keywords: *technological machine, speed, range, technology, operator, variator, step-by-step regulation, stepless regulation.*

REFERENCES

1. Podgornyj Y., Martynova T., Skeeba V. On the issue of limiting the irregular motion of a technological machine within specified limits. Metal Working and Material Science, 24(2), pp. 66-77.
2. Cherpakov B.I., Al'perovich T.A. Metallorezhushhie stanki: uchebnik dlja nach. prof. obrazovanija. – 4-e izd., ster. – Moscow: publishing center «Academy», 2010. – 368 p.
3. Osnovy tehnologii mashinostroenija: uchebnoe posobie / V.F. Skvorcov. – Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2012. – 352 p.
4. Mashiny i apparaty legkoj promyshlennosti: uchebnik dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij / V.V. Storozhev. – Moscow: publishing center «Academy», 2010. – 400 p.
5. Podrigalo M. et al. Energy Efficiency of Vehicles with Combined Electromechanical Drive of Driving Wheels. – SAE Technical Paper, 2020. – No. 2020-01-2260.
6. Koiaidarov B.A., Koiaidarov A.B. Sposob regulirovanija chisla oborotov shpindelja metallorezhushhego stanka [A method for regulating the number of revolutions of the spindle of a metal-cutting machine]. Innovation Patent No. 20998.
7. Koiaidarov B.A., Saparova N.Zh., Koiaidarov A.A. Tehnologijalyq mashinalarga retteletin mehanikalyq zhetek [Adjustable mechanical drive to process machines.]. Zhurnal «Mehanika zhəne tehnologijalar» [Journal «Mechanics and technologies»]. 2020. No. 2.
8. Proektirovanie mehanicheskih peredach: ucheb. posobie dlja vtuzov / Chernavskij S.A., Snesarjov G.A., Kozincov B.S. i dr.; Pod. obshh. red. Kozincova B.S., Kozincova M.B. – 7-e izd., pererab. i dop. – Moscow: Infra-M, 2013. – 535 p.