



MINISTÈRE DE LA SCIENCE ET DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA FÉDÉRATION DE
RUSSIE BUDGET DE L'ÉTAT FÉDÉRAL ÉTABLISSEMENT D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

“UNIVERSITÉ TECHNIQUE D'ÉTAT DU DON”

CONCOURS GÉNÉRAUX INTERNATIONAUX DU PROGRAMME DE MASTER

«MASTERSIUM»

DIRECTION DE FORMATION " MÉCATRONIQUE ET ROBOTIQUE» PROGRAMME "
CONCEPTION ET CONTRÔLE INTELLIGENT DE ROBOTS ET DE SYSTÈMES
MÉCATRONIQUES» RECOMMANDATIONS MÉTHODOLOGIQUES POUR LA PRÉPARATION
VERS LA PHASE FINALE DES JEUX CONCOURS

Département «Robotique et mécatronique»

Compilateurs: K. T. N., professeur adjoint Popov S. I.
K. T. N., professeur agrégé Filimonov M. N.
Président de la Commission méthodique: chef du
département de RiM, Izumov A. I.

PHASE FINALE

La nature et le niveau de complexité des tâches concours visent à atteindre les objectifs de la tenue des jeux concours: identifier les personnes ayant des capacités de recherche pour former un contingent de qualité d'étudiants axés sur la poursuite de la carrière universitaire; attirer des jeunes talentueux, y compris des pays étrangers, à la formation à la maîtrise. Les tâches contiennent des questions théoriques et des tâches pratiques et nécessitent des connaissances et des compétences acquises au baccalauréat. Les tâches visent à identifier les capacités des participants à expliquer logiquement des questions théoriques et à appliquer leurs connaissances pour résoudre des problèmes pratiques. La phase à temps plein des jeux concours se déroule uniquement par écrit. Chaque participant aux jeux concours reçoit un formulaire avec une tâche contenant quatre questions de nature théorique et une tâche pratique. Pour répondre à des questions théoriques, il est nécessaire de présenter le matériel de manière claire et compétente, en s'appuyant sur les faits et les connaissances, de révéler l'essence du concept, d'utiliser la terminologie généralement acceptée et de démontrer la compréhension du lien entre la théorie et la pratique. La réponse doit être logique: expliquer le domaine, montrer le lien entre la question en question et les tâches de la mécatronique et de la robotique. Dans la réponse, il est nécessaire de considérer le problème sous différents angles, ce qui montrerait la profondeur de vos connaissances. Lors de la résolution de problèmes pratiques, il est nécessaire d'effectuer une analyse du problème, de déterminer quelles méthodes, en utilisant quelles lois connues le problème peut être résolu. Dans le processus de décision, assurez-vous d'écrire des commentaires pour comprendre vos actions pendant la vérification. Lors de la préparation des jeux olympiques, il convient de répéter les sujets ci-dessous:

- Physique, Mathématiques;
- Pièces de machines et leur conception;
- Capteurs et mesures dans les systèmes mécatroniques;
- Contrôle et simulation de systèmes mécatroniques et Robotiques
- Actionneurs de robots et de dispositifs mécatroniques;
- Intelligence artificielle.

ÉLÉMENTS DE CONTENU INCLUS DANS LES OBJECTIFS DE LA PHASE FINALE DES JEUX CONCOURS DE L'ANNÉE SCOLAIRE 2025/2026

Thème 1. Pièces de machines et leur conception

Description de la section. Cette section présente les principes généraux de conception, de calcul et de construction des éléments de base des machines, des dispositifs mécatroniques et des robots. La conception et le fonctionnement des assemblages, des connexions, des engrenages, des arbres, des roulements et d'autres éléments sont pris en compte, ce qui est important pour la conception et le fonctionnement des machines dans leur ensemble.

Exemple de question. "Types et classification des engrenages mécaniques. Les principaux domaines d'application des engrenages mécaniques».

Analyse de la tâche.

Mécatronique et robotique étudie, conçoit et applique divers dispositifs et robots. Chacun de ces dispositifs utilise des transmissions mécaniques. Qui transmettent le mouvement, le moment, la force du moteur à l'organe exécutif ou à l'instrument. Les transmissions mécaniques sont généralement classées selon le principe de transmission du mouvement à friction et à engrenage (engrenage, chaîne, vis sans fin, vis). Les principaux types comprennent les dents (cylindriques, coniques), les courroies, les chaînes, les vis sans fin et les frictions (avec disques, variateurs), ainsi que les vis et les planétaires. Ils diffèrent par le rapport de démultiplication (constant ou réglable) et sont utilisés pour modifier la vitesse de rotation et le couple. En outre, une Description de ces types avec indication du principe de fonctionnement, des caractéristiques, du domaine d'application des engrenages doit être donnée.

Thème 2. Le titre du sujet est "Capteurs et mesures dans les systèmes mécatroniques".

Description de la section. Les capteurs et les mesures dans les systèmes mécatroniques fournissent les informations nécessaires au contrôle et à l'interaction avec d'autres systèmes. Les capteurs (capteurs) convertissent les grandeurs physiques (température, pression, déplacement, vitesse) en signaux électriques pour leur traitement dans les systèmes de contrôle du processeur.

Exemple de question. «Paramètres de base des capteurs. Valeurs physiques à mesurer dans les systèmes mécatroniques».

Analyse du travail (si une analyse détaillée du travail est nécessaire). Dans les systèmes mécatroniques, en fonction de leur but, les valeurs mécaniques, électriques et thermiques sont mesurées, y compris la vitesse et l'accélération, le déplacement, la force, le couple, la pression, ainsi que d'autres paramètres dont la valeur doit être connue pour le fonctionnement de l'objet. Les principaux paramètres des capteurs sont: sensibilité (changement de sortie par unité d'entrée); erreur/précision (déviation du résultat de la mesure par rapport à la valeur réelle); plage de mesure; temps de réponse (vitesse de

réponse); linéarité (rectitude de la caractéristique); résolution (modification minimale de l'entrée qui est enregistrée). En outre, les capteurs diffèrent dans les caractéristiques du signal de sortie. Le signal de sortie peut être analogique (par exemple, une tension ou un courant variable) ou numérique.

Les principales caractéristiques métrologiques des capteurs comprennent:

- Erreur-déviations du résultat de la mesure par rapport à la valeur réelle.
- Précision-erreur de mesure maximale attendue; caractérisation inverse de l'erreur.
- Linéarité - degré correspondant à la caractéristique réelle du capteur de la relation directe parfaite entre l'entrée et la sortie.
- Écart par rapport à zéro - la valeur du signal de sortie lorsque l'impact d'entrée est nul.
- Incertitude du résultat-dispersion des valeurs possibles du résultat de mesure pour le même signal de sortie.

Les capteurs à microprocesseur modernes peuvent avoir des fonctionnalités supplémentaires, par exemple:

- Filtrage et traitement des données dans le capteur lui-même;
- Correction des erreurs de mesure;
- Stockage et conversion de signaux;
- Anti-interférence;
- Linéarisation des caractéristiques d'entrée du capteur.

À l'aide de capteurs, les systèmes mécatroniques et Robotiques sont capables de percevoir le «monde extérieur» et de prendre des décisions sur l'interaction avec lui.

Thème 3. Intitulé du thème : «Commande et modélisation des systèmes mécatroniques et robotiques»

Description de la section. La commande et la modélisation des systèmes mécatroniques et robotiques constituent un domaine interdisciplinaire qui intègre la mécanique, l'électronique, l'informatique et la théorie de la commande pour créer, analyser et concevoir des systèmes mécatroniques et robotiques, y compris intelligents. La modélisation est l'outil principal pour étudier le comportement des systèmes dans diverses conditions, en tenant compte de l'interaction avec l'humain et avec d'autres robots.

Exemple de question :

« Le modèle, sa finalité. Modèles physiques, analogiques et mathématiques. »

Analyse de la tâche.

Un modèle mathématique est une description simplifiée d'un objet, d'un système ou d'un phénomène réel à l'aide de concepts, formules, équations et graphiques mathématiques. Sa finalité principale est d'étudier le comportement de l'objet réel dans diverses conditions, de mener des expériences virtuelles, d'optimiser les paramètres et de prendre des décisions étayées lors de la conception et du développement de nouveaux systèmes.

Les modèles physiques sont des copies matérielles réduites ou agrandies d'objets réels.

Les modèles analogiques reposent sur la similarité de processus de natures différentes, mais décrits par les mêmes équations (par exemple, les processus dans un circuit électrique et dans un système hydraulique).

Les modèles mathématiques sont des équations décrivant les liens entre les paramètres (variables) de l'objet réel, les reliant au modèle physique.

Exemple de modèle physique : une maquette d'avion pour des essais aérodynamiques.

Exemple de modèle analogique : l'étude des oscillations mécaniques dans l'actionneur d'un robot à l'aide d'un circuit électrique conçu, où les oscillations des courants et des tensions correspondent aux oscillations mécaniques dans l'actionneur réel.

Exemple de modèle mathématique : les équations décrivant le déplacement d'un robot en fonction de la vitesse de rotation de chaque roue. Pour un robot mobile à deux roues motrices indépendantes, ses coordonnées sur le plan (x, y) et son orientation angulaire dans un repère fixe dépendent des vitesses de ses roues gauche (w_L) et droite (w_R).

Vitesse de déplacement du robot V :

$$V = \frac{R}{2} * (w_L + w_R)$$

Vitesse angulaire de rotation du châssis du robot w :

$$w = \frac{R}{2*L} * (w_R - w_L)$$

où :

R – rayon des roues (m) ;

L – distance entre les roues (m).

Pour construire un modèle mathématique complet de la dynamique du robot, il est nécessaire de compléter ces équations par des équations de bilan des forces et des moments, en tenant compte des forces d'inertie et de frottement. Pour modéliser la commande, il faut également ajouter des équations décrivant les processus dans les moteurs des roues.

Thème 4. Intitulé du thème : « Physique et Mathématiques »

Description de la section.

Cette section porte sur la physique, les mathématiques et la dynamique du mouvement des corps solides. La conception, la commande et l'étude des systèmes mécatroniques et robotiques sont impossibles sans mobiliser des connaissances, des méthodes et des algorithmes de résolution de problèmes issus de ces domaines, notamment pour décrire et résoudre les problèmes de dynamique des mouvements des maillons robotiques.

Exemple de question:

«Un corps solide tombe avec une vitesse initiale nulle et parcourt une distance h jusqu'au sol. Au bout de quel temps t_1 après le début du mouvement le corps aura-t-il parcouru la moitié de cette distance ? Quelle sera sa vitesse v_1 à cet instant?»

Analyse de la tâche.

Cette tâche nécessite de savoir appliquer les lois de la physique du mouvement.

Données: vitesse initiale $v_0 = 0$, hauteur de chute h .

À déterminer: le temps t_1 et la vitesse v_1 lorsque le corps a parcouru la moitié de la distance.

Solution:

Pour un mouvement uniformément accéléré sans vitesse initiale:

Équation du déplacement: $h = g \cdot t^2 / 2$

Loi de la vitesse: $v = g \cdot t$

Moitié de la distance: $h/2$

Détermination de t_1 . On substitue dans l'équation du déplacement:

$$h/2 = g \cdot t_1^2 / 2 ;$$

$$h = g \cdot t_1^2 ;$$

$$t_1 = \sqrt{h/g}$$

Détermination de v_1 .

On utilise la loi de la vitesse: $v_1 = g \cdot t_1$;

$$v_1 = \sqrt{h \cdot g}$$

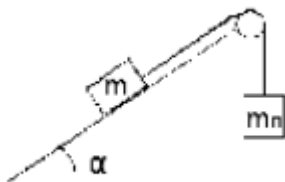
Les valeurs obtenues, v_1 et t_1 , constituent la réponse au problème.

Thème 5. Intitulé du thème : «Actionneurs pour robots et systèmes mécatroniques»

Description de la section. Cette section aborde les aspects théoriques et les problèmes pratiques liés aux actionneurs des systèmes mécatroniques et robotiques.

Exemple de problème pratique.

Le schéma de calcul de l'actionneur d'un maillon d'un système mécatronique est présenté ci-dessous. La figure montre une charge m et un contrepoids m_p , reliés par un câble sur la poulie du moteur.



Déterminer la valeur des efforts nécessaires pour :

- a) Accélérer la charge m avec une accélération de 1 m/s^2 lors de la montée; masse de la charge : $m = 150 \text{ kg}$; angle d'inclinaison de la surface : $\alpha = 60^\circ$; masse du contrepoids : $m_p = 50 \text{ kg}$

Analyse de la tâche.

L'équation du mouvement du système est déterminée par l'équilibre des forces (sous forme vectorielle) :

$$F = F_c + F_d$$

où :

F – force résultante,

F_c – somme des forces statiques,

F_d – somme des forces dynamiques.

Dans ce cas, les efforts statiques sont déterminés par la différence entre les efforts créés par la charge m et le contrepoids m_p , et il faut également prendre en compte la force de frottement.

Force de roulement (composante tangentielle du poids) :

$$F_1 = F_m * \sin(\alpha)$$

où $F_m = m * g$; $g = 9.8 \text{ m/s}^2$;

$$F_1 = 1272 \text{ N}$$

Force de frottement :

$$F_2 = \mu * F_m * \cos(\alpha) ; F_2 = 147 \text{ N}$$

Force statique créée par le contrepoids :

$$F_{c_p} = m_p * g ; F_{c_p} = 490 \text{ N}$$

Somme totale des forces statiques :

$$F_c = F_1 + F_2 - F_{c_p}$$

$$F_c = 1272 + 147 - 490 = 929 \text{ N}$$

La force dynamique apparaît lors du mouvement accéléré de la charge et du contrepoids :

$$F_d = m * a + m_p * a$$

Pour l'accélération donnée $a = 1 \text{ m/s}^2$:

$$F_d = 1 * (150 + 50) = 200 \text{ N}$$

Ainsi, la force motrice nécessaire doit être :

$$F_{drive} = F_c + F_d = 929 + 200 = 1129 \text{ N}$$

La tâche est résolue.

Thème 6. Intitulé du thème : «Intelligence artificielle»

Description de la section. Commande et modélisation des systèmes mécatroniques et robotiques.

Exemple de question : «Quelles sont les principales tâches résolues à l'aide des méthodes d'intelligence artificielle en mécatronique et en robotique ?»

Analyse de la tâche.

En robotique et en mécatronique, diverses approches et branches de l'intelligence artificielle sont utilisées : l'apprentissage automatique, les réseaux de neurones artificiels (RNA), la logique floue, les calculs évolutionnaires et les algorithmes génétiques.

Pour la commande ou la prise de décision, on utilise des algorithmes s'appuyant sur des connaissances extraites de régularités obtenues expérimentalement, grâce à l'analyse de grands ensembles de données. À cette fin, des réseaux de neurones artificiels (RNA) peuvent être employés : après leur apprentissage, ils permettent de commander efficacement des systèmes non linéaires en présence de bruits et d'assurer l'adaptabilité. Cependant, l'utilisation des RNA présente certains inconvénients, par exemple des coûts temporels significatifs pour leur conception et leur apprentissage, ainsi qu'un résultat de commande non prédictible de manière certaine.

Pour la création de systèmes experts, de systèmes d'aide à la décision ou de commande de robots, les méthodes de logique floue sont largement utilisées. L'appareil mathématique de la logique floue a été développé par L. Zadeh ; il repose sur la notion d'ensemble flou comme objet doté d'une fonction d'appartenance prenant ses valeurs dans l'intervalle $[0, 1]$.

Ces dernières années, diverses méthodes bio-inspirées de l'intelligence artificielle sont de plus en plus utilisées. Elles incluent les algorithmes évolutionnaires, les algorithmes d'optimisation par essaims de particules, l'algorithme des fourmis, entre autres. Leur application est efficace pour résoudre des problèmes d'optimisation, la recherche de trajectoires et de solutions.

Bibliographie pour la préparation

1. Молотников, В. Я. Техническая механика / В. Я. Молотников. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 476 с. — ISBN 978-5-507-45522-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/271301> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ивлиев, А. Д. Физика / А. Д. Ивлиев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 676 с. — ISBN 978-5-507-48769-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362933> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Стрелков, С. П. Механика : учебник для вузов / С. П. Стрелков. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 560 с. — ISBN 978-5-507-50937-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/489416> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Борисов, А. Н. Микропроцессорные системы : учебное пособие / А. Н. Борисов, Р. Р. Бикмухаметов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. — 188 с. — ISBN 978-5-7579-2519-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248900> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие для вузов / А. П. Лукинов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 608 с. — ISBN 978-5-507-51126-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/505285> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник для вузов / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 416 с. — ISBN 978-5-507-51111-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/505349> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Детали машин и основы конструирования : учебное пособие : в 2 частях / Д. М. Караваев, В. А. Москалев, Е. В. Матыгуллина, Л. Д. Сиротенко. — Пермь : ПНИПУ, 2022 — Часть 1 — 2022. — 137 с. — ISBN 978-5-398-02786-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/328802> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Мехатроника. Инженерный подход : учебное пособие для вузов / А. Н. Веригин, Н. А. Незамаев, А. Г. Ишутин [и др.] ; под редакцией А. Н. Веригин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 644 с. — ISBN 978-5-507-52181-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439847> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие / Ю. В. Подураев. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-4497-0063-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86501.html> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
10. Федотов, А. В. Компьютерное управление в производственных системах : Учебное пособие для вузов / А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург

- : Лань, 2021. — 620 с. — ISBN 978-5-8114-8065-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171424> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-4584-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206903> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Рязанов, С. И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Робототехника, робототехнические комплексы. Практикум : учебное пособие / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 156 с. — ISBN 978-5-9729-1351-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346898> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
13. Смирнов А.Б., Тимофеев А.Н. Промышленные и сервисные роботы: учеб. пособие. — СПб, 2019. — 139 с.
14. Архипов, М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами : учебник для среднего профессионального образования / М. В. Архипов, М. В. Варганов, Р. С. Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 170 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13082-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566632> (дата обращения: 12.11.2025).

Ressources en ligne :

1. Мехатроника. Материал из Википедии - свободной энциклопедии. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: свободный.
2. Робототехника. Материал из Википедии - свободной энциклопедии. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0> (дата обращения: 12.11.2025). — Режим доступа: свободный.