

ISSN 2091-5527
№ 1/2025

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕВЫХ БОБОВ И РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ

¹Жузибеков Сардор Комилович, ²Баракаев Нусратилла Ражабович

¹д-р филос. технических наук PhD, доцент, Гулистанский государственный университет,
²доктор технических наук DSc, профессор, Образовательный университет Ренессанс, г. Ташкент

Аннотация. Приведены результаты физико-механических и биохимических свойств семян (зерна) сортов сои, районированной в Узбекистане. Проанализирована эффективность функционирования современных аппаратов для фракционирования и сепарирования семян (зерна) зернобобовых и масличных культур; выявлены основные факторы, влияющие на технологические показатели работы данного оборудования. Экспериментально получены и теоретически обоснованы зависимости скорости и траектории движения частиц сыпучего материала в пневмосепарирующем канале с учётом сопротивления частиц воздушному потоку. Расчёты компьютерной модели процесса аспирационной очистки семян (зерна) сои производили с использованием прикладного пакета программ SolidWorks Simulation.

Ключевые слова: концентрация, движения, процесс, регрессионного анализа, аспирационной установка, параметры, скорость, компьютерная модель, Flow Simulation, качественной анализ, пневмосепарирования, сепаратор.

Введение. Физические свойства отечественных сортов сои: линейные размеры, форма, крупность, натура, выполненность и щуплость, выравненность, объём, плотность, влажность уборочная и хранения.

В настоящее время в Узбекистане широко используются такие сорта сои, как «Барака», «Нена», «Тумарис», «Устоз», размеры семян

которых варьируют в довольно широком диапазоне (в мм): длина - 5,0 - 10,5, ширина - 4,5 - 8,0, толщина - 4,0 - 7,0.

Исследовали физико-химические свойства семян (зерна) двух крупносемянных сортов сои «Нена» и «Тумарис» и двух мелкосемянных - «Устоз» и «Барака». Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико - химические показатели качества отечественных сортов сои

№	Показатели качества семян (зерна)	Сорт сои			
		Нена	Тумарис	Устоз	Барака
1.	Размеры семян, мм:				
	- длина	6,79±0,09	7,10±0,06	6,79±0,09	7,60±0,09
	- ширина	4,83±0,05	5,91±0,05	4,83±0,05	6,36±0,07
	- толщина	4,56±0,09	4,77±0,06	4,22±0,09	4,85±0,06
2.	Влажность, %	8,0	9,2	9,6	9,6
3.	Сорность, %	5,3	3,2	7,3	4,2
4.	Массовая доля жира, %	23,50	23,50	22,71	14,85
5.	Массовая доля белка, %	42,52	42,48	39,86	36,90

Самые узкие по ширине и толщине семена установлены усорта «Нена». Коэффициент вариации изменчивости данных показателей качества семян у исследуемых сортов сои «Нена», «Тумарис» и «Устоз» не превышал 10,0 %, что характеризует довольно слабую изменчивость показателей. Исключение составляли семена сорта сои «Барака», имеющие средняя и даже сильная изменчивость по толщине, а именно 27,5 %.

Методика расчёта концентрации частиц вдоль траектории движения.

Для расчёта концентрации частиц вдоль траекторий их движения использовали метод, предложенный Осипцовым А.Н. [1].

В качестве лагранжевых координат использовали значения декартовых координат (x₀, y₀, z₀), а именно частицы в некоторый момент времени, принятый за начало отсчета t = 0.

Уравнение неразрывности в переменных Лагранжа [2]:

$$\text{cp}(x_0, y_0, z_0) \det || J_{ij} || = \text{cp}_0(x_0, y_0, z_0) \quad (1)$$

где $J_{ij} = \partial x_i / \partial x_{0j}$ (i, j = 1, 2, 3; x₁ = x, x₂ = y, x₃ = z) - компоненты якобиана для перехода от лагранжевых координат к эйлеровым.

Продифференцируем уравнения по лагранжевым координатам ξ_{j0} :

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \xi_{j_0}} \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial t} \right) &= \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial \xi_{j_0}} \right) = \frac{\partial J_{ij}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi_{j_0}} \left(\frac{V_i}{H_i} \right) = \\ &= \frac{H_i (\partial V_i / \partial \xi_{j_0} - V_i (\partial H_i / \partial \xi_{j_0}))}{H_i^2} = \frac{(\partial V_i / \partial \xi_{j_0})}{H_i} - \frac{V_i}{H_i^2} (\partial H_i / \partial \xi_{j_0}), \\ \frac{\partial}{\partial \xi_{j_0}} \left(\frac{\partial V_i}{\partial t} \right) &= \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial V_i}{\partial \xi_{j_0}} \right). \end{aligned}$$

После ввода дополнительных переменных $\Omega_{ij} = \partial V_i / \partial \xi_{j_0}$ получим систему уравнений 2 и 3:

$$\frac{\partial J_{ij}}{\partial t} = \frac{\Omega_{ij}}{H_i} - \frac{V_i}{H_i^2} \sum_k \frac{\partial H_j}{\partial \xi_k} J_{kj}, \tag{2}$$

$$\frac{\partial J_{ij}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi_{j_0}} \left\{ \sum_k \frac{V_k}{H_i H_k} (V_k \frac{\partial H_k}{\partial \xi_i} - V_i \frac{\partial H_i}{\partial \xi_k}) \right\} + \frac{\partial}{\partial \xi_{j_0}} \left(\frac{U_i - V_i}{\tau} \right). \tag{3}$$

Таким образом, имеем замкнутую систему обыкновенных дифференциальных уравнений для $\xi_i, V_i, J_{ij}, \Omega_{ij}$.

При использовании декартовых координат уравнение неразрывности для среды частиц имеет вид:

$$c_p(x_0, y_0, z_0, t) \det \begin{vmatrix} v_x & \partial x / \partial y_0 & \partial x / \partial z_0 \\ v_y & \partial y / \partial y_0 & \partial y / \partial z_0 \\ v_z & \partial z / \partial y_0 & \partial z / \partial z_0 \end{vmatrix} = c_p(x_0, y_0, z_0, 0) v_{x_0}.$$

где v_x, v_y, v_z - компоненты скорости частицы.

Эффективность процесса сепарирования смеси семян (зерна) сои рассчитывали по формуле 4:

$$\eta = \frac{A}{A+B} = F_1 V_B; \tag{4}$$

содержание полноценного продукта в отходах - по формуле 5:

$$z = \frac{F_s V_B}{F_1 V_B \cdot v + F_s V_B} \cdot 100, \% \tag{5}$$

где: V_B - относительное количество аэроотделимых примесей, выделенных воздушным потоком; $\Phi_i(V_B), \Phi_s(V_B)$ - интегральные функции Лапласа для «лёгких» и «тяжёлых» частиц; $F_1(V_B), F_s(V_B)$ - характеристические функции для «лёгких» и «тяжёлых» частиц; v - соотношение количества «лёгких» и «тяжёлых» частиц (по массе) в исходном (контрольном) объёме зерносмеси.

Материалы и методы. В работах [3] описаны зависимости эффективности процесса аспирации от удельной зерновой нагрузки на пневмосепарирующий канал, его размера и скорости воздушного потока. Однако, данные исследования проводились в различных условиях и для разных культур, поэтому не могут быть полностью сопоставимыми.

В результате регрессионного анализа [4; 72с.] получено уравнение (6):

$$E = 0,954 - 0,003 \cdot q - 0,0029 \cdot V_B - 0,0002 \cdot B - 100, \% \tag{6}$$

позволяющее определять эффективность воздушной системы аспирационной установки для очистки семян (зерна) сои при следующих условиях:

$$70 \leq q \leq 90 \text{ кг/(см/ч); } 4,0 \leq V_B \leq 6,0 \text{ м/с; } 120 \leq B \leq 160 \text{ мм.}$$

Моделирование движения частиц в поле скоростей воздушного потока внутри системы аспиратора

Для расчёта условий перемещения частиц необходимо задать точки входа частиц в текучую среду, начальные параметры и материал частиц, условия их взаимодействия со стенками - отражение или поглощение.

Если составляющую скорости частицы по нормали к поверхности непосредственно перед и после её соударения с этой поверхностью (рис.7) обозначить, соответственно, V_1^n и V_2^n , а составляющую скорости частицы по касательной к этой поверхности непосредственно перед и после её соударения с этой поверхностью - V_1^t и V_2^t , и рассмотреть отношения 7 и 8:

$$K_n = \left| \frac{V_2^n}{V_1^n} \right| \tag{7}$$

$$K_t = \left| \frac{V_2^t}{V_1^t} \right| \tag{8}$$

то при идеальном отражении $K_n = K_t = 1$, а при неидеальном отражении - K_n и $K_t < 1$.

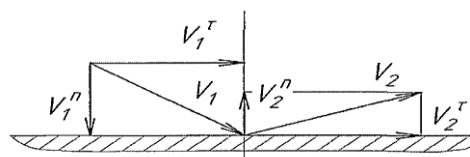


Рис.1. - Схема отражения частицы от поверхности стенки.

Эквивалентный диаметр сферической частицы рассчитывали по следующему формуле:

$$d_э = \frac{V_{вит}^2 \cdot \xi}{10,9 \cdot \rho_n} \tag{9}$$

где: $V_{вит}$ - скорость витания частиц, м/с; ξ - коэффициент аэродинамического сопротивления, $\xi = 0,23$;

ρ_n - плотность продукта, кг/м³.
 Параметры моделируемых частиц приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры моделируемого продукта

Продукт	$\rho_{п}, \text{ кг/м}^3$	$\bar{V}_{\text{ВИТ}}, \text{ м/с}$	$d_{э}, \text{ м}$
Соя	720	30,6	0,0070
Относы натурные:			
- средние	520	4,4	0,0009
- лёгкие	260	2,3	0,0005

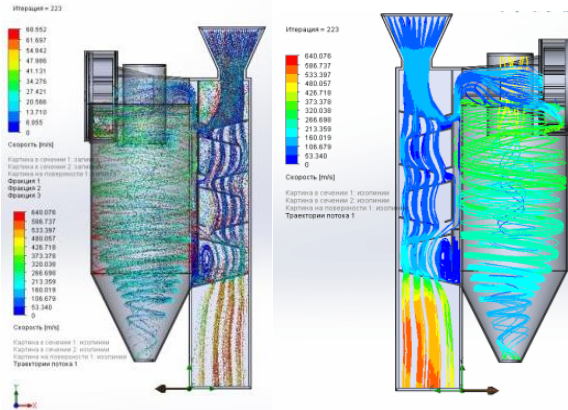


Рис.2 - Траектории движения модельных частиц в поле скоростей воздушного потока.

При этом массовая доля легких и средних натуральных отосов не превышала 1,0% соответственно.

На рисунке 2 показана компьютерная модель в программе SolidWorks аспирационного устройства, которая показывает скорость движения частиц вдоль воздушного потока на внутренней поверхности аппарата и линии траектории движения на внутренней

поверхности аппарата. Именно в системной программе есть возможности одновременно определять взаимосвязь всех входящих и исходящих параметров, выбирать рациональные решения. В рабочей зоне на траектории движения частиц оборудования серии указаны значения скорости, если для частиц рабочей зоны оборудования в разных частях серии определены значения скорости сканирования.

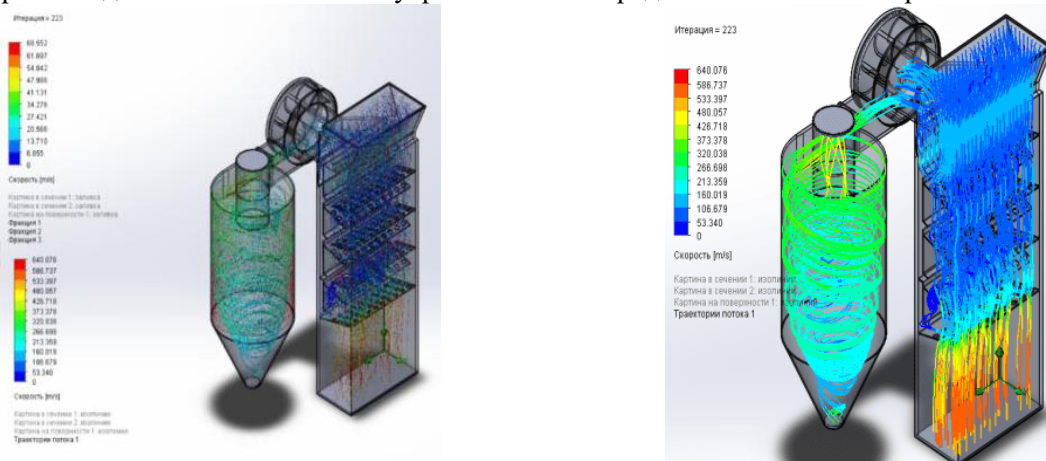


Рис.3 - Траектории движения модельных частиц различных фракции.

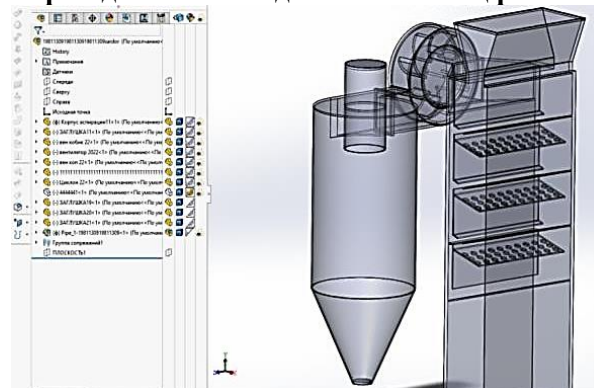


Рис.4 - Компьютерная модель предлагаемого комбинированного сепаратора.

Результаты и обсуждение. При использовании системы Flow Simulation для расчёта основных параметров движения частиц различной массы и формы рекомендуются следующие условия:

размер частиц сферической формы учитывать по их эквивалентному диаметру $d_{\text{э}}$;

не учитывается взаимодействие модельных частиц в поле воздушного потока.

использовать данную систему для качественного анализа и определения основных параметров аэродинамических процессов и процесса пневмосепарирования.

Результаты исследования зависимости изменения длины траектории воздушного потока в сепарационном устройстве от давления приведены на рисунке 4.

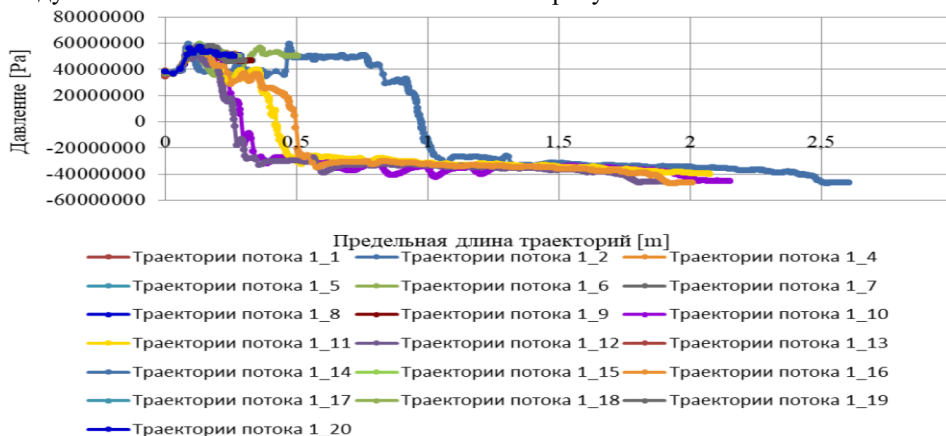


Рис.4 - График кривая изменения длины траектории воздушного потока в сепарационном устройстве под действием давления

Более полный количественный анализ, может быть выполнен после натурного моделирования.

Заключение. На основании проведенных аналитических исследований можно сделать следующие выводы:

Исследован и описан процесс гидродинамики потоков аспирационной очистки семян (зерна) сои на компьютерной модели. Описаны модели процесса аспирации и фракционирования семян.

Обоснована целесообразность проведения расчёта аэродинамических параметров работы радиального вентилятора в комбинированном сепараторе с пониженным воздухообменом с использованием системы SolidWorks на базе прикладного пакета Flow Simulation.

Таким образом, с использованием прикладного пакета программ SolidWorks Simulation произведены расчёты компьютерной модели процесса аспирационной очистки семян (зерна) сои и разработана компьютерная модель процесса их аспирационной очистки.

Произведён расчёт траекторий тока воздуха в рабочей зоне при аспирационной очистке семян сои. Разработана методика расчёта концентрации частиц вдоль траектории движения.

В результате регрессионного анализа получено уравнение для расчёта энергетических затрат на воздушное сепарирование сыпучей смеси:

$$E = 0,954 - 0,003 \cdot q - 0,0029 \cdot V_B - 0,0002 \cdot B - 100, \%$$

позволяющее определять эффективность воздушной системы аспирационной установки для очистки семян (зерна) сои при следующих условиях:

$70 \leq q \leq 90$ кг/(см²/ч); $4,0 \leq V_B \leq 6,0$ м/с; $120 \leq B \leq 160$ мм. Разработана компьютерная модель предлагаемого комбинированного сепаратора.

Далее проводили экспериментальные исследования процессов аспирационной очистки семян (зерна) исследуемых сортов сои, выращиваемых в республике, в усовершенствованной экспериментальной установке.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.С. Быков Повышение производительность плоских решёт/Техн. в сельском. хозяйстве. -1991№1.С.58-59.
2. М.Л.Власов Совершенствование технологического процесса семенного зерна назерноочистительной линии: Дис. ... канд. техн. наук. -Челябинск, -1993. -209 с.
3. В.Ф.Веденьев Совершенствование пневмосепарирующего оборудования зерноперерабатывающих предприятий. -М.: -1998. -40с.
4. Д.Ю.Чернышев Совершенствование воздушной системы комбинированной зерноочистительной машины: Дис. ... канд. техн. наук. -М., -2011. -172с.
5. Uzaydullaev, A. (2023). Experimental determination of the dielectric properties of fruits (using ultra-high frequency (UHF) electromagnetic field (EMM) Energy). Science and innovation, 2(A1), 217-221.
6. Barakaev, N. R., Kurbanov, J. M., Uzaydullaev, A. O., & Gafforov, A. X. (2021, September). Qualitative purification of pomegranate juice using electro flotation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 848, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
7. Javsurbek, K., Abror, J., Akhmad, N., & Shakir, I. (2023). Requirements for the quality of raw materials processed in the industry. Universum: технические науки, (1-4 (106)), 47-49.
8. Nurmukhamedov, A. A., Jankorazov, A. M., Khazratkulov, J. Z., & Tashmuratov, A. N. (2023). Methods of improving the frying process in the production of vegetable oils.
9. Тухтамышова Г.К., Насрединов Д.А., Тухтамышов С.С. и Хайруллаева С.З. (2024). Предварительная обработка зерна пшеницы после уборки урожая. Новости образования: исследование в XXI веке, 3 (28), 6-10.

To'laboyeva Sh.S., Kasimova A.B. Maxsus kompozitsion korset buyumlarini ishlab chiqarish va dizayn jarayonlarini tahlil qilish	177
Худанов У.О., Кадиров Т.Ж., Шарифов Г.Н. Применение коллагена в процессе производства цемента ...	181
Abdurahimov X.A., Xudoyberdiyeva D.A. Mahalliy xom-ashyolardan modifikatsiyalangan kaogulyantlar olish va ular bilan oqava suvlarni tozalash	185
Tursunova F.J., Amonov M.P. Neft-gaz sanoatida qo'llanilgan katalizatorlarni qayta ishlash texnologiyasini o'rganish	188
Ibragimov T.E., Nurullaev Sh.P. Clay adsorbents Cr ⁶⁺ adsorption ionization	192
Махмудова Н.Х. Исследование морозо- и коррозионностойкости бетонов гидротехнического и дорожного назначения	195
Хасанов А.С., Ахмедов Ў.Ч., Хакимов К.Ж. Обжиг сульфидных ренийсодержащих концентратов	198
Raxmatullayeva U.S., Kamilova X.N., Mirziyodova K.B., Rasulova M.K. XIX-XX asrda Qashqadaryo va Surxondaryo milliy kostyumi materiallari. Surxondaryo va Qashqadaryo aholisini kostyumlari.....	202
Рахимов Х.Ю., Абдурахманова С.П., Ганиева Х.Б., Маматова Н.Н. Разработка композиционных химических реагентов для стабилизации буровых растворов	204
Raxmatullayeva U.S., Kamilova X.N., Mirziyodova K.B., Rasulova M.K. XIX-XX asrlarda Xorazm aholisining milliy kostyumi, matosi va uning tuzilishi xususiyatlari	206
Уринов А.А., Кадырханов Ж.М. Современное состояние и перспективах развития противокоррозионной защиты магистральных трубопроводов с целью повышения их стойкости и долговечности	209
Негматов С.С., Исмаилов Р.И., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю., Мусабеков Д.Х. Разработка эффективных составов композиционных химических реагентов - деэмульгаторов для обезвоживания эксплуатационных масел металлургических предприятий	211
Негматов С.С., Мамасолиев Э.М. Исследование влияния параметров шероховатости и свойств материала на коэффициент трения зацепления хлопковых волокон при взаимодействии с модельным эпоксидным образцом	216
Рахимов Х.Ю., Юсупходжаева Э.Н., Аюбова И.Х., Халматова Н.Г., Билалова Д.Ж. Нефть-газ бургилаш кудукларида қўлланиладиган маҳаллий хом ашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида композицион эмульгаторлар таркибини олиш ва уларни физик-кимёвий ва технологик хоссаларини ўрганиш	220
Уринов А.А., Кадырханов Ж.М. Разработка композиционных материалов для защиты от коррозии магистральных газонефтепроводов, обладающих повышенной химической адгезией	222
Кузибеков С.К., Баракаев Н.Р. Физико-механические и биохимические свойства соевых бобов и расчет траектории движения воздушного потока в процессе очистки	224

7. Вести из лаборатории

Негматов С.С., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Эрниёзов Н.Б. Мис-молибден рудалардан олтин ва кумушни ажратиш олиш учун импорт ўрнини босувчи композицион кимёвий реагентларнинг самарали таркиблари ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш долзарблиги	228
Тургунов А.А., Абед Н.С., Салимова С.А., Икрамова М.Э. Разработка композиционных материалов и применение их в рельефных элементах технологической оснастки строительных изделий	230
Улдугова М.М., Талипов Н.Х., Негматов С.С. Композиционные гипсовые материалы для производства строительных изделий	231
Абдукажоров А.А., Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н., Тухташева М.Н. Исследование антифрикционно-износостойких свойств композиционных полипропиленовых материалов, работающих при фрикционном взаимодействии с хлопком-сырцом, для применения в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов	233
Касымова М.Н., Негматова К.С. Исследование физико-механических и потребительских свойств, а также прочности окрасок хлопчатобумажных тканей, окрашенных красящими композициями	234
Талипов Н.Х., Матякубова К.М. Влияние отхода сахарного давода-дефеката на процесс формирования структуры полугидрата сульфата кальция	235
Норхуджаев Ф.Р. Цементациялаш ёрдамида пухталашнинг технологик режимларини пўлатнинг ейилишга бардошлиликка таъсирини тадқиқ қилиш	237
Tashbayeva F.K., Ermatova A.A. Distribution of heavy and toxic metal ions in the environment	240
Негматов С.С., Эсанмуродов Ш.В., Негматова К.С., Салимова С.А., Икрамова М.Э. Исследование физико-химических свойств ионов минерализованных пластовых вод	241